TRATTENIMENTI

DI

FISICA ELEMENTARE

E DI

METEOROLOGIA

TRATTENIMENTI

DI

FISICA ELEMENTARE

E DI

METEOROLOGIA

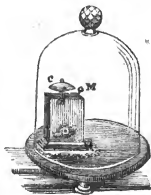
OFFERTI ALLA GIOVENTÙ

DA FLORIDO ZAMPONI

E PROPOSTI COME TESTO DI LEZIONI ALLE CULTE DONZELLE

SECONDA EDIZIONE

Riordinata, di molto accresciuta ed illustrata con 142 figure inserite nel testo ed eseguite dall' incisore

DEMETRIO VISCONTI

FIRENZE
GRAZZINI, GIANNINI E C.
1859

AVVERTENZA

I Trattenimenti di fisica elementare e' di meteorologia già pubblicati sei anni fa, e ora di nuovo con seconda edizione, furono accolti con favore dalla cultura pedagogica di Toscana, di Piemonte e di Lombardia.

Uomini autorevoli fecero allora pubblicamente manifesto il desiderio che il libro penetrasse, come penetrò di fatto, in tutte le scuole per il popolo, nei privati istituti, nei seminari e collegi, e meglio ancora nei conservatorii ed altri luoghi di educazione per le zittelle. Nei quali ultimi specialmente, tranne ben poche eccezioni, o per aver a moderatori inette persone, o per la soverchia servilità ai vetusti e viziosi sistemi, si lascia che il gentil sesso consumi non solo l'infanzia, ma eziandio l'intera adolescenza nell'assoluta ignoranza di ciò che agli studi naturali concerne.

Oggimai non sono più i tempi nei quali facevasi alle donne l'oltraggio di segnare arbitrariamente gli angusti confini alla portata del loro intelletto, quasi che l'Autore della natura non avesse data loro una mente come l'ha data all'uomo. Divenute madri, e chiamate a ritessere

il cammino della vita coi propri figlioli, o, come istitutrici, coi figli di altri, ne dovranno vigilare ogni atto, guidarne l'incerta parola, svolgerne i primi germi del pensiero, moderarne le passioncelle e toglier via di queste ogni malignità, indirizzarne al bene i primi affetti, dei quali informasi l'uomo futuro; e onde possano un giorno esser decoro alla patria e alla famiglia, avviarli dolcemente negli utili studi colla culta parola, e nella virtù coll'esempio. Allora la donna sgombrerà alle nazioni il sentiero della civiltà.

La donna destinata dunque a così augusto ministero, non può ignorare gli elementi della fisica naturale, se vogliamo che sappia aprire la mente ai suoi pargoletti colla diligente spiegazione di tanti fenomeni; i quali se ammaestrano e sorprendono, confermano ancora nella sublime idea di Dio, purchè veniamo a conoscerne le cause, le quali tutte muovono dalla sua mente creatrice. La conoscenza di queste cause è appunto nelle teorie. Imperocchè profferendo esse il modo di essere dei fatti e comprendendone la ragione, non solo c'insegnano a procedere ordinatamente dalla causa all'effetto, ma a collegare eziandio i diversi fatti fra loro, a scoprirne la dipendenza ed i mutui rapporti, e c'inducono nella persuasione che in fondo altro non sono che effetti necessari di un principio stabilito, perchè inerenti alle singole proprietà che i vari corpi in natura posseggono.

E per siffatto modo procedendo nell'ammaestramento, le fanciulle presto si avvezzeranno all'osservazione, al ragionamento, e si eserciteranno nello spirito non di una vanitosa loquacità,

ma di una critica giudiziosissima ed importantissima, colla quale dovranno un giorno educare il cuore e la mente delle proprie creature, secondando e sagacemente invigorendo il progressivo sviluppo della loro intelligenza ch'è sempre avida di conoscere e di sapere.

Mossi dunque da questi pensieri, e sicuri di far cosa utile al paese, imprendemmo del libro una seconda edizione. La prima fu espressamente volta all'utile diletto dei fanciulli, ora fu desiderio nostro che si elevasse all'ammaestramento dei giovanetti più adulti, e più specialmente ancora delle culte donzelle, acciocchè fosse per quelli un libro che bellamente li apparecchiasse a studio più profondo e più scientifico in queste discipline, e servisse per le altre come testo di lezioni. L'autore ha volonterosamente risposto al nostro desiderio dando un maggiore e più ampio svolgimento alle materie che furono soltanto accennate o imperfettamente svolte in quella prima edizione. E ciò era tanto più necessario in quanto che presentando dei nudi fatti a giovanetti di più sviluppato intelletto, eglino se ne impressionano i sensi ma non lo spirito; il quale rimanendo sempre in cerca di uno o più perchè, non sodisfa a quella curiosità, che quanto nei giovani è ardente ed assidua, altrettanto è utile e preziosa se convenientemente illuminata, e nociva se falsamente appagata o lasciata nella propria ignoranza.

Per le quali ragioni fu duopo all'autore di modellare il libro sui più moderni e migliori trattati di fisica e di meteorologia; nei quali oltre il metodo razionale nella esposizione della scienza,

vi sono ancora ordinate e discusse le più recenti scoperte. Ma in questa nuova fatica, nella quale egli non potè esser talvolta che semplice compilatore, non oltrepassò mai i confini delle teoriche strettamente elementari, acciocchè il libro non perdesse il carattere che ebbe nella prima edizione, e che nel complesso pur doveva conservare. Sicchè ora, quantunque comparisca riordinato e di molto accresciuto, non solo non ha perduto minimamente il pregio di essere affatto elementare, ma ritiene in sè l'altro di render cioè ragione di molti fenomeni comunemente non avvertiti nei trattati di fisica, ma che tuttodì succedono intorno di noi, e dei quali i giovani o ignorano le vere cause, o ve le scorgono attraverso la nebbia che la superstizione e l'ignoranza distendono a danno della verità, e non rado volte con offesa ancora alla divina sapienza.

L'altro essenziale vantaggio e miglioramento che ha pure ricevuto questa seconda edizione, e del quale era affatto mancante la prima, è in 142 figure inserite nelle pagine, onde venisse anche più facilitata l'intelligenza delle dottrine, e più efficacemente aiutata la parte sperimentale; nella quale l'autore si è disteso il più che consentissero il carattere dell'opera e l'intendimento col quale era indirizzata.

Con questo noi speriamo che i padri e gl'istitutori ce ne sapranno buon grado.

Luglio 1859.

Gli Editori
GRAZZINI, GIANNINI E C.

TRATTENIMENTO I.

INTORNO AD ALCUNE NOZIONI GENERALI

SOMMARIO

Che intendesi per corpi, per molecole, per atomi. — I corpi esistono in tre stati. — Forza di coesione. — Alcuni corpi si presentano successivamente allo stato solido, liquido e gasoso. — Che intendesi per massa. — Corpi ponderabili e corpi imponderabili. — Corpi semplici e corpi composti. — Fenomeni fisici. Oggetto della Fisica.

La terra, miei cari giovinetti, è la nostra sede finchè viviamo; noi vi troviamo tutto ciò che conviene ai nostri bisogni, ai nostri comodi, ai nostri piaceri; nè vi manca alcuna cosa per chi sa procurarsela collo studio, coll' industria e colla fatica.

Impiegare l' intelligenza che Dio ci ha dato (la quale dagli altri animali ne distingue) per contemplare e cercar di comprendere almeno le principali fra le tante maraviglie che sono diffuse nell' immenso creato, non solo non è temerità, ma forma lo studio più nobile, più conforme alla dignità dell' umana condizione, più atto a far conoscere la sapienza, la potenza, la bontà del Creatore, e a risvegliare verso di Lui i debiti sensi di rispetto, di onore e di gratitudine.

Seguitemi dunque miei cari nello studio che vi ho preparato, e siate certi che minore al diletto non sarà l' utile che ne otterrete.

1. Che intendesi per corpi, per molecole, per atomi. — Innanzi tutto dovete sapere che a tutte le cose componenti l' universo e che possono colpire i nostri sensi noi diamo indistintamente il nome di *corpo*. Quindi l' aria, l' acqua, la luce, il ferro, l' oro, le pietre sono tanti corpi.

Tutti i corpi sono composti di un aggregamento o unione di piccolissime particelle che si dicono *molecole*. Ciascuna molecola è formata da un gruppo di elementi o particelle minutissime ed impercettibili, cui dassi il nome di *atomi*, la picciolezza dei quali è così grande da non potersi esprimere colle parole, ma solo immaginarla nella nostra mente. I corpi dunque si compongono di molecole, e le molecole di atomi.

2. I corpi esistono in tre stati. Forza di coesione. — Se ci facciamo a considerare l' aria, l' acqua e le pietre, noi ravvisiamo in essi (che pur sono corpi) tre differentissime maniere di essere. La pietra è consistente e durissima; ma non è così dell' acqua e molto meno dell' aria, la quale anzi non è neppure palpabile come l' acqua. In questi tre corpi dunque si ravvisano i tre differenti stati di tutti i corpi che sono diffusi nel creato; cioè *stato solido*, *stato liquido*, *stato gasoso*, ch' è detto ancora *aeriforme*.

Lo stato *solido* si osserva nelle pietre, nei metalli, (cioè oro, argento, ferro, rame ec.), nei legni, nella carta, nei tessuti, nel vetro, nel cristallo ed in molti altri; i quali sono allo stato solido perchè le molecole, onde sono essi composti, aderiscono, ovvero stanno così fortemente unite fra loro, che per separarle vi è bisogno di una forza più o meno grande; secondo che si tratti o di troncare il ramo di un albero, o di mettere in pezzi una pietra, o di rom-

pere un piatto, o di spezzare una verga di ferro. Ed è altresì in virtù di questa aderenza delle molecole che i corpi solidi conservano la loro forma, nè la perdono se non viene esercitata sopra di loro una violenza, che valga a vincere la forza in virtù della quale esse molecole aderiscono fra loro. A questa forza fu dato il nome di *coesione;* e si disse che per forza di coesione le molecole dei corpi stanno unite fra loro, e che il grado della sua intensità determina appunto i tre differenti stati dei corpi medesimi.

Lo *stato liquido* si osserva nell'acqua, nel vino, nell'olio, nel latte. In questi corpi (che sono perciò detti *liquidi)*, le molecole debolmente aderiscono fra loro, per cui scorrono le une sopra le altre con grande facilità. Ed è per questa ragione che i corpi liquidi non hanno mai nessuna forma particolare, ma prendono sempre quella dei vasi che li contengono.

Lo *stato gasoso* dei corpi si osserva nell'aria e in molti altri corpi che si appellano *gas* o *fluidi aeriformi.* In questi la mobilità delle molecole è ancora maggiore che nei liquidi, e neppure sono, come questi, visibili e palpabili.

I liquidi ed i gas si chiamano col nome generale di fluidi, e però si dice corpo fluido l'acqua, e corpo fluido l'aria ed il gas che impiegasi ad illuminare le strade delle città.

3. Alcuni corpi si presentano successivamente allo stato solido, liquido e gasoso. — La sapienza ineffabile di Dio ha creato dei corpi fra gli altri che possono successivamente presentarsi allo stato solido, liquido e gasoso. Uno di essi è l'acqua; la quale si presenta allo stato solido, e allora si chiama *ghiaccio;* il calore o del sole o del fuoco facendo li-

quefare il ghiaccio, lo riduce allo stato liquido e allora è *acqua*; e se quell' acqua posta in un vaso la esponiamo al fuoco, in breve tempo noi la vedremo disciogliersi in vapore, cioè passare allo stato *gasoso* e disperdersi per l'aria.

Di tutti i corpi però non avviene eguale trasformazione; imperocchè avvi di quelli che dallo stato solido non possono per effetto di calore ordinario passare allo stato liquido come il ferro; altri che si rimangono sempre allo stato liquido, nè possono, a qualunque gelo vengano esposti, trasformarsi in solidi, come l'alcool o spirito di vino; altri che non lasciano mai lo stato solido come i marmi, le pietre ed i legni; ed altri finalmente che non possono mai trasformarsi nè in solidi nè in liquidi, come l'aria che si rimane sempre allo stato gasoso.

4. **Che intendesi per massa di un corpo.** — In qualunque stato siano i corpi, la quantità di materia che essi contengono dicesi *massa di un corpo* comunque ne sia grande o piccolo l'aggregamento. Così le molecole di materia che compongono una grossa pietra, quelle che compongono un granello di rena, come le altre che compongono una goccia d'acqua, formano la massa della pietra, del granello di rena e della goccia d'acqua.

5. **Corpi ponderabili e corpi imponderabili.** — Se ci facciamo a considerare la natura dei corpi, ci avvediamo esistere diversità grande fra loro sotto un altro aspetto. Di fatto se poniamo sul piatto di una bilancia una pietra, del ferro, del legno, dell'acqua, dell'olio, del vino e una vescica piena d'aria, tutti questi corpi noi vediamo che pesano. Al contrario ve ne ha di quelli, nei quali non è stato fin ad ora pos-

sibile ravvisare alcun peso; tali sarebbero la luce, il calorico e qualcun altro.

Questa differenza così notabile ha mosso la necessità di distinguerli in due classi, cioè in corpi *ponderabili* ed in corpi *imponderabili;* chiamando ponderabili tutti quelli ch' è possibile pesare, ed imponderabili tutti gli altri che non è possibile pesare. Lo stesso si dica della materia onde sono essi composti, la quale dicesi perciò essa pure ponderabile e imponderabile.

6. **Corpi semplici o elementari, e corpi composti.** — La chimica (scienza che indaga e considera la natura intima dei corpi) ha riconosciuto esistere molta differenza anco nella natura intima dei corpi; perchè alcuni sono composti di una sola e medesima materia o sostanza; altri dell' aggregato di due o più sostanze diverse, o di più specie di materia. Per la qual cosa si è fatta dei corpi un' altra distinzione, cioè in *semplici* ed in *composti;* dicendo semplici quelli formati di una sola e medesima materia, come l' oro, l' argento; e dicendo composti gli altri che si formano di più specie di materia, come sarebbero l' aria, l' acqua, il legno, il sale, il marmo. I corpi o le sostanze semplici sono dette pure *elementari*, perchè il chimico non giunge ad estrarne che una sola specie di materia.

7. **Fenomeni fisici. Oggetto della fisica.** — Noi avremo più volte occasione, miei cari giovinetti, di esprimere certi fatti colle parole *fenomeni fisici*, laonde è bene che fin da ora voi comprendiate il vero significato di queste parole.

Dicesi dunque fenomeno fisico ogni cambiamento che avvenga nello stato di un corpo, senza che ne sia alterata la sua intima natura. Per esempio la caduta di

un sasso, l'alzarsi per aria di un aquilone e di un pallone, il suono di una campana che si produce nell'aria, il vento, la luce di un lampo, il fragore di un tuono, il congelarsi dell'olio entro un lume, la fiamma che si svolge da un fascio di legna, il calore che manda il carbone ardente, il cadere della neve, della pioggia e della grandine sulla terra, e tanti altri sono tutti fenomeni fisici, dei quali rende ragione la scienza che chiamasi *Fisica.*

In conseguenza: *La Fisica ha per oggetto lo studio dei fenomeni che presentáno i corpi senza subire cambiamenti nella loro composizione:* mentre la *Chimica*, come abbiamo detto, *ha per oggetto lo studio dei fenomeni che più o meno cambiano la natura dei corpi.*

TRATTENIMENTO II.

SULLE PROPRIETÀ GENERALI DEI CORPI

SOMMARIO

Che intendesi per proprietà dei corpi, e diverse specie di essa. — Impenetrabilità. — Estensione. — Divisibilità. — Porosità. — Applicazione dei filtri. — Compressibilità. — Elasticità. — Quiete, moto, mobilità. — Inerzia.

8. **Che intendesi per proprietà dei corpi, e diverse specie di essa.** — Tutte le volte che noi diciamo *proprietà di un corpo*, vogliamo esprimere il suo modo di presentarsi ai nostri sensi. Per esempio il balzare che fa una palla cadendo sulla terra o battendo in una parete, esprime una proprietà che tutti i corpi hanno più o meno come la palla, e che chiamasi elasticità; perciò diciamo la palla essere elastica.

Adunque per meglio comprendere quello che diremo in seguito, importa molto, miei cari, di conoscere fin da ora queste proprietà generali dei corpi, le quali sono: *impenetrabilità*, *estensione*, *divisibilità*, *porosità*, *compressibilità*, *elasticità*, *mobilità*, *inerzia*. Non vi confonda la stranezza delle parole, perchè vi addiverranno familiari appena che ne avremo svolto il significato. Intanto comincerò dall'impenetrabilità.

9. **Impenetrabilità.** — I fisici chiamano *impenetrabilità* la proprietà che hanno tutti i corpi, in virtù della quale due corpi non possono nel medesimo tempo occupare la medesima porzione di spazio. In uno spazio per esempio occupato dall'acqua non potrà entrare l'aria, se l'acqua non le cede il posto.

10. **Estensione.** — *Estensione* chiamasi la proprietà che hanno tutti i corpi di occupare una porzione limitata dello spazio. Una pietra, in qualunque luogo sia posta, occupa una porzione dello spazio, come la occupa un granello di rena; e tanto quella quanto questa per la estensione ch'è loro propria.

11. **Divisibilità.** — Tutti i corpi che esistono in natura tanto solidi che liquidi e gasosi sono divisibili in parti minutissime. Il che fa essere in loro un'altra proprietà che i fisici chiamano *divisibilità* dei corpi, in virtù della quale possono essi ridursi in parti minutissime e distinte.

E dicendo in parti *minutissime*, non vuolsi significare in particelle che, comunque piccole, possano vedersi; ma intendesi in molecole così minute da non essere scorte in verun modo, perchè di tal picciolezza che neppur colla mente possiamo immaginarla. Il sangue dell'uomo, per esempio, sappiamo esser composto di globetti rossi che fluttuano in un liquido detto *sie-*

ro.; or bene in una goccia di sangue talmente piccola da potere star sospesa alla punta di un ago, si calcola contenersi circa un milione di cotesti globetti; i quali non ci sono visibili che mediante il microscopio, strumento col quale si vedono le cose minutissime.

Le esperienze adunque che si sono fatte intorno alla divisibilità della materia, hanno portato a credere che possa questa dividersi in atomi così minuti ed impercettibili da non poter essere in verun altro modo tagliati, nè in verun altro modo suddivisi. Deducete dunque da questo a qual eccesso mai di minutezza possono esistere gli atomi della materia.

12. **Porosità.** — Noi abbiamo avvertito che i corpi si compongono di molecole; ora aggiungerò che tra le molecole componenti i corpi sono tanti picciolissimi spazi o interstizi, ai quali si dà il nome di *pori*. Porosi sono i legni, le pietre e tutti i corpi, non eccettuati neppure i metalli quantunque siano alcuni di essi tra i più duri corpi della natura.

Primi di tutti a provare la porosità dei metalli furono alcuni dotti formanti in Firenze un'accademia detta del *Cimento*. Presero essi una piccola sfera o palla d'oro sottile e cava nell'interno, la empirono d'acqua, saldarono il foro per il quale avevano introdotto il liquido, e poi la sottoposero ad una forte compressione per diminuirne il volume. La sfera diventando allora più piccola, venne a comprimere fortemente l'acqua che vi era dentro, la quale non trovando altro luogo per dove passare, filtrò pei pori del metallo, e venne a manifestarsi all'esterno come un velo di rugiada che appannava la lucentezza del metallo e ne bagnava la superficie. Altri fisici nei tempi successivi ripeterono questa esperienza con altri metalli, e ne ot-

tennero il medesimo risultato; il quale confermò esser propria di tutti i corpi la porosità.

Utilissima è per gli usi domestici la porosità dei corpi perchè si fanno colla carta, coi feltri di lana, con alcune terre, col carbone e con qualche altra sostanza ancora dei *filtri*, attraverso i quali si fa passare acqua, aceto ed ogni altro liquido per averlo separato dalle materie che lo intorbidano. Difatto cotesti filtri hanno pori bastevolmente grandi per lasciar passare i liquidi ma non le sostanze che sono ad essi mescolate e che ne guastano la limpidezza.

13. **Compressibilità.** — Dall'essere i corpi porosi ne viene che sieno *compressibili*, cioè capaci di esser ridotti ad un volume minore pressandoli.

Quantunque tutti i corpi siano compressibili, lo sono però in un modo variabilissimo fra loro, poichè la compressibilità dell'acqua e di tutti i liquidi è così piccola, che per lungo tempo si è perfino creduto che fossero incompressibili.

Maggiore che in questi è la compressibilità nei solidi, ed i metalli medesimi che sono tra i più duri somministrano la prova di questa proprietà percuotendoli con un martello, sotto la cui azione vengono costretti a rimpicciolire la loro massa ed occupare uno spazio minore a quello che occupavano prima di esser battuti e compressi.

14. **Elasticità.** — Dicesi *elasticità* la proprietà che hanno i corpi di riprendere la forma o il volume che avevano prima di esser compressi.

Tutti i corpi indistintamente sono elastici sebbene a gradi diversi. Gettate sopra una superficie dura una palla di vetro, di marmo, di avorio, di metallo o di legno, la vedrete rimbalzare. Questo fenomeno succede

dall' essersi la palla schiacciata alquanto sul piano nel momento dell' urto, e dal tornare che subito fanno le molecole nel loro primiero stato. E quanto meglio le molecole compresse tornano a riprendere il loro stato primiero, e tanto più elastico è il corpo al quale esse appartengono. Per la qual ragione si dice che i gas sono *perfettamente* elastici, ch' è quanto dire ripigliano esattamente il medesimo volume, appena cessi sopra loro la forza che li aveva compressi.

15. **Quiete, moto, mobilità.** — Lo stato di un corpo che si rimane permanentemente in un medesimo luogo dicesi *quiete*. All' opposto chiamasi *moto* lo stato di un corpo che cambia di luogo. Gli stati di quiete e di moto esistono in natura *assolutamente* o *relativamente*. Quiete *assoluta* dicesi propriamente la completa privazione del moto; come al contrario chiamasi *moto assoluto* di un corpo il suo cambiamento di posto rispetto ad un altro corpo che sia nello stato di quiete assoluta.

Ma quantunque nel linguaggio comune si dica che un corpo è in stato o di quiete assoluta o di moto assoluto, tuttavia considerando che la terra, come tutte le cose dell' universo, si muove continuamente; e con essa tutti i corpi che contiene, così può dirsi che la quiete assoluta non esiste realmente. E siccome il moto di un corpo sarebbe assoluto quando il suo cambiamento di posto fosse rispetto ad un altro corpo allo stato di quiete assoluta, e la quiete assoluta abbiamo detto non esistere in verun corpo dell' universo, così anche il moto è relativo e mai realmente assoluto. Relativa o *apparente* è la quiete di un corpo, perchè se egli ci apparisce immobile, lo è però rispetto ai corpi circostanti; ma in realtà partecipa con essi al

moto comune della terra. Così allorchè noi ce ne stiamo fermi entro una carrozza o in una nave, tratta quella da cavalli e spinta questa dal vento o dall' azione dei remi o dalla forza del vapore, noi saremo in stato di quiete rispetto alla carrozza e alla nave, ma realmente ci muoveremo rispetto alle case, agli alberi e alle rive presso le quali noi passiamo. Dunque la nostra quiete è relativa.

Lo stesso dicasi del moto relativo di un corpo, il quale non è altro che il suo moto apparente, quello cioè che noi scorgiamo rispetto ad altri corpi apparentemente o per se stessi immobili, ma che però cambiano essi pure di posto col cambiare che fa di posto la terra movendosi intorno al sole e intorno a se medesima. Tal' è il moto di una barca relativamente alle rive di un fiume; poichè se la barca rispetto alle rive si muove, le rive pure partecipano col fiume ai due moti di rotazione e di traslazione che ha la terra nello spazio. Dunque nei corpi della natura esistono i due stati di quiete e di moto relativamente e non assolutamente.

Abbiamo detto che i corpi possono passare da un luogo ad un altro; ora questa possibilità è dai fisici ritenuta come una proprietà ad essi inerente, e le hanno dato il nome di *mobilità*. Dunque la mobilità è la settima proprietà generale che abbiamo considerato nei corpi della natura.

16. **Inerzia.** — Ma i corpi non vediamo che sempre si muovano, anzi li vediamo star fermi se non sono mossi da alcuno. E questa è appunto un' altra proprietà generale che i fisici ravvisano nella materia e che essi chiamano *inerzia;* cioè l' inettitudine che ha la materia a passare da se stessa dallo stato di quiete

allo stato di moto, ed anche a modificare il moto di cui è animata. Dunque l'inerzia (comunque sia della materia una proprietà puramente negativa) tuttavia è essa pure una proprietà generale dei corpi; e in lei trovano spiegazione alcuni fenomeni, ai quali non avrete mai posto mente, e forse non ne avrete mai neppur dimandata la spiegazione. Quando volete per esempio saltare un fosso, una siepe, o altro ostacolo, perchè vi tirate in dietro? — Per prendere lo slancio, o come diciamo comunemente, la *rincorsa*. Ora questa vi giova difatto, perchè nel momento del salto il moto da cui è animato il vostro corpo nella rincorsa, aggiunge il suo effetto allo sforzo muscolare che fate per saltare; mentre vi sarebbe impossibile di saltare il fosso spiccandovi di lì dall'orlo di esso, perchè facendo passare ad un tratto il vostro corpo dallo stato d'inerzia al moto, questo sarà sempre minore nei suoi effetti. Per la medesima ragione il cocchiere eccita i cavalli ad un moto più celere quando debbono tirare la carrozza per un'erta breve ma ripida; perchè il moto dal quale sono animati essi e la carrozza agevola loro la fatica. E così fate voi stessi quando volete salire su per un greppo assai ripido, e dove sia difficile salire con un moto ordinario, per il quale vi sentireste obbligati a retrocedere; come pure i cavalli verrebbero tratti in dietro dal soperchiante peso della carrozza.

Da questa medesima ragione nasce il pericolo di cader malamente per quelle persone che scendono, o giù si gettano da una carrozza mentre si muove, perchè partecipano esse al moto di quella. E se non imprimono al proprio corpo un moto in senso contrario, al momento che mettono piede in terra, vengono rove-

sciate nella direzione seguita dalla carrozza. Donde la necessità, miei cari, di rimaner sempre fermi nella carrozza qualunque sia il pericolo di cui vi minaccino i cavalli colla loro velocità, se non potete aver tempo di dare al vostro corpo un moto opposto a quello della carrozza, onde non cader malamente precipitandovi da essa mentre i cavalli corrono. È pure l'inerzia che rende sì terribile il disastro per le strade ferrate, se fermandosi a un tratto la locomotiva, i vagoni vengono ad urtarsi fra loro per effetto della velocità acquistata, e si fracassano con danno grandissimo delle persone che vi sono dentro.

TRATTENIMENTO III.

DI ALCUNE IDEE GENERALI INTORNO ALLE FORZE, ALLA GRAVITÀ, AI PESI, ALLE LEVE, ALLE BILANCE, ALLE STADERE.

SOMMARIO

Forze. — Equilibrio. — Forze concorrenti. — Gravità. — Pesi. — Densità. — Leve. — Bilance. — Stadera. — Bilancia a sospensione inferiore.

17. **Forze.** — Tra le proprietà generali dei corpi dicemmo esservi la mobilità e l'inerzia; che mediante la prima possono essi passare da un luogo ad un altro; e che per effetto della seconda sono incapaci a passare da se stessi allo stato di moto dallo stato di quiete. Voi ricorderete che *moto* chiamammo lo stato di un corpo che cambia di luogo; ora dunque verremo a dire che qualunque causa capace di produrre il moto o di accrescerlo, o di diminuirlo dicesi *forza*.

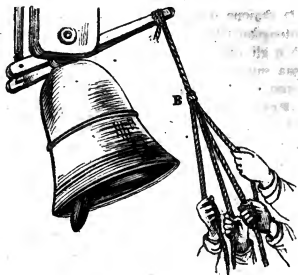
Dunque forza è l'azione delle nostre gambe quando camminiamo o corriamo, forza l'azione del braccio e della mano che rimandano la palla, forza l'azione delle ali degli uccelli, mediante le quali si trasferiscono da un luogo all'altro, forza l'azione delle pinne dei pesci, mediante le quali si muovono nel seno delle acque nuotando, forza la virtù che ha la terra di attirare a sè tutti i corpi, forza quella del vapore che trasporta navi e vagoni.

18. **Equilibrio.** — Come una forza può imprimere, o crescere, o diminuire il moto in un corpo; così due o più forze applicate ad un medesimo corpo possono far sì che questo o non sia tolto dal suo stato di quiete, o non accresciuto nè diminuito il suo stato di moto. In tal caso si dice che le forze si *neutralizzano* cioè una forza non soperchia l'altra, anzi l'azione di una rende nulla l'azione dell'altra; e questo stato particolare dei corpi si chiama *equilibrio*, il quale è ben diverso dallo stato di quiete; perchè in questo i corpi non sono sottoposti all'azione di alcuna forza; mentre nello stato di equilibrio sono sottoposti all'azione di molte forze che si distruggono a vicenda. Prendete in quattro o in più una fune, distribuitevi tanti per parte, e ognuno tiri a sè la fune con quanta forza abbia; se a nessuna delle due parti riuscirà di strappar la fune dalla mano degli altri, diremo che le loro forze si distruggono a vicenda e che perciò sono *equilibrate*. Ma non si dirà mai che quella fune sia in stato di quiete.

19. **Forze concorrenti.** — Se poi due o più forze siano dirette sopra un medesimo punto per modo che a questo vengano tutte applicate, allora non formano più un equilibrio, nè a vicenda si distruggono,

ma invece si dicono *concorrenti* perchè concorrono insieme a quel punto al quale sono tutte dirette. Un carro al quale siano attaccati otto muli sarà messo in moto dalle loro forze concorrenti. Una grossa pietra che legata ad un canapo venga da più muratori tirata su dalla sommità di un edifizio, vi sarà tirata dalle forze concorrenti di tutti, perchè le forze di tutti saranno applicate a quel medesimo corpo.

Se più uomini che per suonare una grossa campana (fig. 1) tirano più corde fissate ad un nodo B sulla fune della campana medesima, la muoveranno e la suoneranno in virtù delle loro forze concorrenti.

Fig. 1.

E se più uomini parimente che per rimorchiare una barca contro la corrente di un fiume, tirano una o più funi fissate alla prua della barca medesima, la tireranno su su per il fiume in virtù delle loro forze concorren-

ti. E così dicasi di tutte le altre occasioni nelle quali più forze riunite concorrano ad un solo e medesimo oggetto.

20. **Gravità.** — Prima di lasciar di parlare delle forze è necessario che sappiate miei cari esistere una forza nella terra, mediante la quale noi spieghiamo tanti fenomeni dei quali non sapremmo render ragione a noi stessi ignorandola. Qualunque corpo, sia piccolo sia grande, sia leggero sia pesante, abbandonato a se stesso, non rimane mai sospeso per aria, ma lo vedete sempre cadere, cioè dirigersi verso la terra. Ciò succede in virtù di una forza, o attrazione che la terra esercita sui corpi per farli cadere o attirarli a sè, e alla quale dassi il nome di *gravità*. In questa forza si trova la ragione perchè gli alberi piantati nella terra si mantengono ritti sopra di lei, perchè si sostengono le case e gli edifizi, e perchè noi pure ci teniamo ritti sulla sua superficie quantunque si muova costantemente intorno a se stessa e intorno al sole.

21. **Pesi.** — Non dovete però confondere il significato della parola gravità col peso più o meno grave che abbia un corpo; perchè questo non dipende dalla gravità o forza di attrazione propria della terra, ma dalla maggiore o minor quantità di materia che sia contenuta nel corpo medesimo.

E poichè sono venuto a parlare dei pesi, vi dirò che in tutti i corpi si distingue il *peso assoluto*, il *peso relativo*, il *peso specifico*.

Peso assoluto di un corpo dicesi la pressione che esso esercita sulle spalle, sulle braccia o sopra qualunque punto del nostro corpo, in fine sopra qualunque ostacolo che si opponga alla sua caduta, che è quanto dire alla forza di gravità che la terra esercita sopra di lui per attirarlo alla sua superficie.

Il *peso relativo* di un corpo è quello che si determina colla bilancia; è cioè il rapporto fra il peso assoluto di un corpo ed un altro peso già determinato e scelto per unità. Quest' unità per noi è la libbra; così quando troviamo che un corpo pesa sei libbre, sei è il suo peso relativo. Ma questo ragionamento vi apparirà più chiaro or ora che vi parlerò delle bilance.

Peso specifico di un corpo dicesi finalmente il rapporto che passa fra il suo peso relativo sotto un certo volume, ed il peso di un egual volume di un altro corpo. E per determinare questo peso specifico si usa mettere un corpo qualunque in rapporto con un altro a volume uguale preso per termine di confronto.

22. **Densità.** — Ora essendo il peso specifico dei corpi sì diverso, era necessario investigarne la causa; e questa rinvenuta, fu chiamata *densità*. Dunque per densità di un corpo intendesi non il volume, ma la sua massa sotto l' unità di volume; ch' è quanto dire la quantità di materia maggiore o minore a quella contenuta dall' egual volume di un altro corpo.

Questa quantità maggiore o minore di materia contenuta da un corpo, ovvero la massa di un corpo relativamente alla massa di un altro a volume uguale, è ciò che chiamasi *densità relativa*. Ora per determinare la densità di un corpo relativamente ad un altro corpo è bisognato determinare qual corpo dovesse servire di termine di confronto; ed è stato determinato pei solidi e pei liquidi l' acqua distillata, cioè privata dell' aria e di altre sostanze che vi stanno sempre mescolate, il che si fa mediante un' operazione chimica e coi necessari apparati. Il termine poi di confronto per riconoscere il peso specifico dei gas è l' aria. Per conseguenza quando si dice che la densità dello zinco è

7, s'intende che un dato volume di questo metallo contiene sette volte la quantità di materia contenuta in un egual volume d'acqua.

23. **Leve.** — Abbiamo detto che il peso relativo di un corpo si determina colle bilance; ma prima di parlarvi di queste è necessario, miei cari, che diciamo qualche cosa delle leve, acciocchè possiate intender bene di quelle la teoria.

La *leva* è una verga diritta o curva che immaginiamo non esser pieghevole, e che si appoggia sopra un punto fisso, sul quale si muove in senso contrario per l'azione di due forze. Una di queste forze si chiama *resistenza*, e all'altra si dà il nome di *potenza*. La potenza è quella che fa muovere la resistenza intorno ad un punto che si dice *punto d'appoggio*. Ma siccome vi sono leve di più specie, secondo la posizione di questo punto d'appoggio relativamente alla potenza e alla resistenza, così io credo che sarà bene distinguere e farvi conoscere fin da ora i tre generi di leve.

La leva è di *primo genere* quando il punto d'appoggio è tra la potenza e la resistenza. Tali sono le ce-

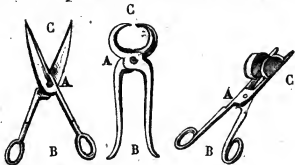



Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

soie, le tanaglie, le smoccolatoie, nelle quali il punto d'appoggio è in A (fig. 2, 3, 4), cioè dove i due

pezzi sono imperniati; la potenza è in B e forma i così detti manichi, e la resistenza è in C, cioè dove le cesoie tagliano, le tanaglie afferrano e ritengono, e le smoccolatoie smoccolano il lucignolo del lume.

Come leva di primo genere sono pure le bilance, le stadere, i martelli a coda di rondine per levare i chiodi dal muro o dal legno (fig. 5), e la macchina detta *Mazza a cávallo* (fig. 6), solita usarsi per pesare fieno, paglia, balle di canapa ed altri oggetti molto pesanti. Nel martello sopra indicato il punto d'appoggio è in B, la potenza in P e la resistenza in D; cioè nel punto col quale si svellono i chiodi. E nella mazza a cavallo il punto d'appoggio è in A, la potenza in C, e la resistenza in R, cioè nel punto al quale si sospendono gli oggetti per esser sollevati da terra e pesati, come indica l'oggetto S.

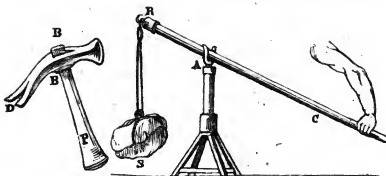



Fig. 5. Fig. 6.

Nella leva di *secondo genere* non il punto d'appoggio è nel mezzo, ma la resistenza; la quale sta tra il punto d'appoggio e la potenza. Tali sono i remi, i timoni delle navi (fig. 7); nei quali il punto d'appoggio è D che sta immerso nell'acqua, e a questa si appoggia onde spingere e dirigere la nave ove si voglia.

La resistenza è in F e la potenza in G che nei remi come nei timoni è il punto sul quale poniamo le mani per muoverli.

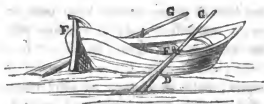



Fig. 7.

Nella leva di *terzo genere* finalmente è la potenza che sta tra il punto d'appoggio e la resistenza. E questo succede nel nostro avambraccio (fig. 8), (così detta

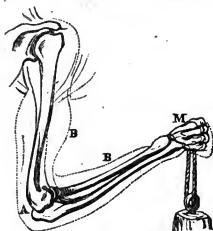



Fig. 8.

la porzione del braccio cui sta unita la mano), di cui il punto d'appoggio è in A dove egli si articola coll'altra metà, cioè al gomito, la resistenza è nella mano M, e la potenza è nei muscoli B che ricuoprono gli ossi e formano la carne.

24. **Bilance.** — Premesse queste semplici nozioni, vengo a parlare delle *bilance* e delle *stadere*.

Sono queste apparati che servono a misurare il peso relativo dei corpi. Se ne costruiscono di molte specie, ma noi parleremo delle più comuni soltanto, e che sono in uso in tutte le botteghe ove si vendono le robe a peso.

La bilancia consueta (fig. 9) consiste in una leva di primo genere A B chiamata *giogo*, di cui il punto d'appoggio è nel mezzo in C. Alle estremità del giogo sono sospesi i bacini o piatti D F, sostenuti o da cordoncini o da catene o da fili metallici. Uno dei piattelli è destinato a ricevere gli oggetti che si voglion pesare, e l'altro i pesi, che per lo più sono di metallo. Il giogo è attraversato nel mezzo da un pezzo di acciaio cui dassi il nome di *coltello*, il quale posa sopra due *pianerottoli* o di acciaio levigato o di una pietra dura. Finalmente al giogo è fissata una specie di lancetta M detta *indice* che scorre sopra un arco nel quale

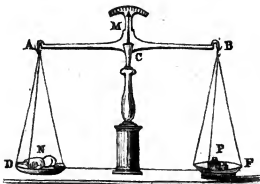



Fig. 9.

sono incise delle sottili linee, in mezzo alle quali sta un piccolo zero. Quando l'indice sta sopra lo zero, in-

dica che il giogo è perfettamente orizzontale, cioè non pende da nessuna parte. Ora l'oggetto N stando a rappresentare ciò che debba pesarsi, si metterebbe nel bacino D, e nell'altro tanti di quei pesi indicati dalla lettera P, finchè facessero equilibrio al peso del bacino D; equilibrio che viene indicato, come abbiamo detto, dall'indice allorchè questo si rimane fermo sullo zero dell'arco graduato.

25. **Stadera.** — La *stadera* è adoprata presso di noi dai pizzicagnoli, dai fornai, dai macellari, dai fruttaioli e da altri ancora. È un apparato (fig. 10) mediante il quale viene stabilito l'equilibrio fra pesi ineguali a cagione della ineguale lunghezza dei due bracci della leva A B, sulla quale hanno azione i due pesi. In sostanza ella è una bilancia a bracci disuguali. Il più lungo B, ch'è detto *ago*, è la potenza, il più corto A è la resistenza, e in C è il punto d'appoggio. Per equilibrare il peso D posto nel piatto ch'è sospeso all'estremità del braccio più corto, si allontana o si avvicina al punto d'appoggio, (intorno al quale si muovono i due bracci) un peso R di metallo detto *romano*,

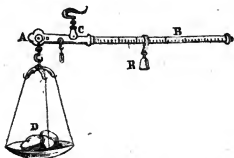



Fig. 10.

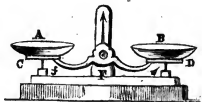
facendolo scorrere sull'ago. Sulla superficie dell'ago sono incise delle linee lunghe che segnano la libbra, e

fra una linea lunga e l'altra, undici più corte, che unite alla linea lunga che succede, marcano le dodici once delle quali si compone una libbra. Sicchè più pesante è il corpo posto nel bacinò, e più conviene allontanare il romano dal punto che separa i due bracci. Il peso poi dell'oggetto viene indicato dalle linee di once e di libbre che si contano fra il punto d'appoggio e quella linea sulla quale stando il romano, l'ago viene ad alzarsi così lentamente che, scorrendo il romano sopra la linea che succede, l'ago invece di alzarsi si abbassa. Un pane per esempio si dirà che pesi otto libbre, quando, postolo sul bacino della stadera, e scorrendo sull'ago il romano, l'ago si alzerà lentamente allorchè sia giunto a posarsi sull'ottava linea, indicante l'ottava libbra, facendosi a contare dal punto di separazione dei due bracci. Nella stadera dunque il romano sostituisce i pesi della bilancia.

26. **Bilancia a sospensione inferiore.** — Tanto la bilancia comune, della quale abbiamo parlato, quanto la stadera, sono bilance a sospensione superiore, perchè i punti di sospensione sono superiori ai bacini. Non ha molto tempo ch'è venuta in uso un'altra maniera di bilancia detta a *sospensione inferiore*, È graziosamente foggiata, non ingombra i banchi, come la bilancia a colonna, già indicata dalla figura 9, ed è specialmente comoda per pesare gli oggetti voluminosi; comodità che non offrono così bene le altre bilance, ove i bacini sono sostenuti, da catene, o da cordoncini di seta, o da fili metallici.

Questo apparato dunque, come lo indica l'appresso figura (fig. 11), consiste in due piattelli A B, comunemente di metallo, che riposano sulla leva C D sottoposta ad essi e avente il punto d'appoggio in F.

Intorno a questo si muovono i due bracci della leva, e con essi una sottile lancetta che indica colla sua

Fig. 11.

posizione verticale, come nella bilancia a colonna, quando i due bacini sono in equilibrio. Alle due estremità della leva e al di sotto dei due punti sui quali riposano i bacini sono talvolta due punte metalliche, ciascuna delle quali entra nel foro praticato nei dadi *s s*; e queste per indicare che la leva non si è spostata dal suo punto d'appoggio.

Di questa foggia di bilance ve ne sono in commercio delle costruite in più e differenti maniere; come pure ve ne ha delle più complicate assai nel meccanismo che non è questa che vi ho descritta. Ma qualunque sia la sua costruzione, il principio è il medesimo in tutte, ed entrano tutte nel genere delle bilance a sospensione inferiore.

Quanto siano utili nel commercio le stadere e le bilance, qualunque ne sia la forma, voi medesimi agevolmente lo comprenderete, se riflettete che moltissime cose utili e necessarie ai nostri bisogni giornalieri si vendono e si comprano a peso, il cui valore sta in rapporto alla loro quantità e al peso medesimo che noi verifichiamo o colla stadera o colla bilancia.

TRATTENIMENTO IV.

DELL' ARIA ATMOSFERICA.

SOMMARIO

Aria atmosferica. — L' aria è gasosa e fluida. — È invisibile. — È diafana. — È impenetrabile, ed agisce come materia. — Non ha colore in piccola massa. — È mobilissima. — Il vento. — L' aria è compressibile ed elastica. — Macchina di compressione. — Fucile ad aria. — Fontana di Erone. — Sgorgo o fontana intermittente. — Macchina pneumatica.

Premesse le generali nozioni ch' erano necessarie all' intelligenza di quanto verrò a dirvi nel seguito, discorreremo oggi, miei cari, dell' aria atmosferica.

Essa è un corpo tanto necessario alla vita degli animali e delle piante che la mancanza e l' alterazione sua produrrebbe in tutti la morte. È quella che noi respiriamo, che respirano gli animali, e mediante la quale le piante nascono, crescono e producono fiori e frutti. Per lei udiamo i suoni e le voci; è in somma l' elemento nel quale ci moviamo e viviamo, nè accade alcuna cosa intorno a noi senza ch' egli vi abbia parte e vi cooperi in più modi, quantunque si nasconda quasi ai nostri sensi e sfugga all' osservazione. E difatto è così lontana da noi l' idea dell' esistenza dell' aria, che diciamo esser vuoto un recipiente tutte le volte che nessuna sostanza visibile v' è contenuta. Ma però le più ordinarie cose della vita ci fanno conoscere che l' aria penetra e riempie ogni capacità.

Nel linguaggio comune talvolta intendesi sotto il nome d' aria lo spazio apparentemente vuoto ch' è dalla

terra in alto; come quando si dice: gettare un sasso per aria, sospendere un corpo in aria e cose simili. Tal'altra volta per aria s'intende impropriamente la luce, come quando si dice: essere una stanza *ariosa*, o che vi è *molt'aria*, invece di dire ch'ella è bene illuminata o che vi è molta luce.

27. **Aria atmosferica.** — Ma queste dovete ritenerle come espressioni improprie ed erronee; imperocchè sotto il nome d'*aria* devesi intendere una sostanza, della quale è piena quella parte dello spazio che circonda la terra da noi abitata.

E veramente questo spazio è pieno di una materia della quale si possono considerare come altrettanti strati A B C D E (fig. 12) le diverse porzioni che orizzontalmente soprastano le une alle altre, le quali formano l'intera massa chiamata *atmosfera*, ch'è quanto dire *sfera di vapore*, perchè si modella alla forma sferica del nostro globo ch'essa per ogni lato circonda, e con lui si muove nello spazio.

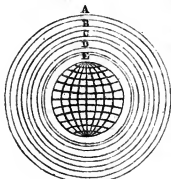



Fig. 12.

28. **L'aria è gasosa e fluida.** — L'aria è corpo gasoso e fluido. È gasoso perchè la mobilità delle sue molecole è maggiore che nei liquidi, nè è come questi visibile e palpabile. È fluido perchè con tal nome generale si chiamano, come altra volta dicemmo, tutti i corpi liquidi e gasosi.

29. **È invisibile.** — L'aria è per se stessa *invisibile* quando è sola o framezzo a corpi solidi; ma si rende visibile quando da un vaso che la contenga noi la fac-

ciamo scaturire di sotto l' acqua ; perchè allora , essendo meno pesante dell' acqua , ella è obbligata a traversarla di basso in alto in forma di tante bolle , rendendosi così visibile per il movimento e per una trasparenza maggiore di quella dell' acqua. Prendete uno stelo di paglia di grano , tenetene in bocca un' estremità , immergete l' altra nell' acqua contenuta in un vaso , soffiate dell' aria dentro al cannello di paglia , e tutte le bolle che vedrete formarsi nell' acqua , venire a superficie ed ivi disperdersi , saranno tutte composte d' aria che messa a contrasto coll' acqua si rende visibile.

30. **È impenetrabile.** — Ma l' aria quantunque invisibile , è *impenetrabile* ; ch' è quanto dire non può nel medesimo tempo occupare la medesima porzione di spazio. Immergete verticalmente per l' apertura un bicchiere in un catino pieno d' acqua , (fig. 13) l' aria che sarà dentro al bicchiere nel momento dell' immersione , vi rimarrà chiusa , e vedrete non esser possibile all' acqua di riempire lo spazio da quella occupato. E trovandosi compressa fra l' acqua e il fondo del bicchiere , manifesterà la sua esistenza collo spingere a galla il bicchiere , perchè essendo più leggera dell' acqua non le è possibile di rimanere in fondo al catino. Piegate obliquamente il bicchiere , l' aria ne uscirà in forma di tante bolle , vi subentrerà l' acqua ; e allora riportando il bicchiere nella posizione verticale , si rimarrà di per sè in fondo al catino senza bisogno di esservi tenuto.

Fig. 13.

Altra prova pure dell' impenetrabilità dell' aria la

trovate, se volete, nel travasamento di un liquido da una boccia all'altra. Imperocchè quella che lo riceve ne rigetterà qualche porzione, se l'aria costretta di uscire dall'acqua che vi precipita, non trova spazio per passare attraverso il collo della boccia.

31. **È diafana.** — Un corpo si dice *diafano* o *trasparente* quando si lascia attraversare dalla luce in ogni senso. Ora l'aria che rimane interposta fra gli occhi nostri ed i corpi non c'impedisce di vederli; anzi li vediamo così bene come se niente si frapponesse fra loro e noi. Ma fra loro e noi avvi sempre aria, nè questa c'impedisce minimamente di vederli, dunque l'aria è diafana. Le stelle quantunque siano a distanze incalcolabili da noi, e fra loro e noi stia frapposta tutta l'altezza dell'atmosfera, pure la loro luce ci è visibile e facilmente giunge fino a noi, purchè il cielo non sia ingombrato da nuvole. Imperocchè essendo queste composte non di aria ma di vapori più densi e non trasparenti come lei, c'impediscono di vedere la luce delle stelle, quella della luna ed anche lo splendore vivissimo del sole.

32. **Non ha colore in piccola massa.** — Se vi fate ad osservare le bolle d'aria prodotte nell'acqua con un cannello di paglia, non scorgerete in esse alcun colore deciso. Onde dovrete ritenere che l'aria veduta in piccola quantità non ha colore; mentre veduta nella sua massa atmosferica, ci apparisce azzurra, com'è tale difatto la volta apparente del cielo che diciamo *firmamento*, e dove apparisce che stiano fissate le stelle.

33. **È mobilissima ed agisce come materia.** — Un'altra proprietà dell'aria è l'essere mobilissima, cioè capace a muoversi con grandissima celerità; il che ci è notabilmente sensibile allorquando per diverse

cause è messa in agitazione e produce quello che noi chiamiamo *vento*.

Che sia sostanza materiale ed agisca come materia ci viene dimostrato non tanto dagli effetti materiali che produce il vento, cioè di fare sbattere le porte delle nostre case, far tremare i vetri delle nostre finestre, portar per aria le foglie degli alberi, sradicare dal suolo gli alberi stessi, atterrare case, capanne ec.; ma ancora per un' esperienza che dai maestri di fisica suol farsi; onde provare che la caduta dei corpi è più o meno precipitosa quanto maggiore o minore sia la resistenza che oppone loro l' aria atmosferica quando cadono sul suolo. Questa resistenza è sensibile principalmente nei liquidi; imperocchè essi si dividono e cadono in gocciole, mentre in un recipiente ove non sia aria, cadono senza dividersi e come una massa solida.

D

A

C

D

B

Fig. 14.

Ma l' esperienza che suol farsi per dimostrare che *tutti i corpi cadono con egual velocità in luogo ove non sia aria*, si eseguisce entro un tubo A (fig. 14) di vetro lungo comunemente più di due braccia chiuso ermeticamente alle due estremità D D da un coperchio di ottone che vi sta solidamente fissato, e terminato nella estremità inferiore da una chiavetta B parimente d' ottone. Girando questa, si toglie di dentro al tubo l' aria che vi si con-

tiene mediante una macchina detta *pneumatica* della quale vi terrò parola a suo luogo. Estratta che si è l'aria si gira la chiavetta, e questa impedisce che vi rientri.

Entro al tubo sono stati precedentemente introdotti dei corpi di peso differente, come per es. una piuma e una piccola palla di piombo, come indicano gli oggetti G della medesima figura. Estratta dunque l'aria dall'interno del tubo A, come si è detto, e capovolgendolo rapidamente, si vede che i due corpi introdottivi cadono sulla estremità opposta con eguale velocità, quantunque la piuma sia per se stessa tanto più leggera della palla di piombo. Ma se, girando la chiavetta, facciamo rientrare una piccola quantità d'aria, e poi si torna a capovolgere il tubo, si osserva che la piuma cade alquanto meno velocemente della palla di piombo. Finalmente questa diminuzione di velocità riesce sensibilissima, tostochè abbiamo fatto rientrare nel tubo quant'aria vi può capire.

Dal che si conclude che se nelle condizioni ordinarie, cioè in mezzo all'aria, i corpi cadono con velocità diverse, bisogna attribuirne la causa unicamente alla resistenza che loro oppone l'aria, che è sostanza materiale e che agisce perciò come materia.

Correte con un ombrello aperto, e sentirete qual resistenza vi opporrà l'aria, e con quanta forza vi converrà tenerlo acciò non vi esca di mano.

34. **L'aria è compressibile ed elastica.** — L'aria è ancora *compressibile ed elastica.* Quando si dice compressibile, vogliamo indurre che comprimendola si ristringe in un minore spazio; dicendo elastica vogliamo esprimere che cessando la compressione, l'aria torna a distendersi e ad occupare lo spazio di prima. Così succede comprimendo un pallone di gomma elastica gon-

fiato coll' aria ; il pallone si avvalla sotto le dita che lo comprimono, e torna quindi a distendersi appena cessa sopra di lui la compressione. Sono perciò utili i cuscini pieni d' aria, siccome cedevoli alla pressione del nostro corpo sedendovi sopra, le materasse parimente gonfiate coll' aria, sulle quali si può dormire comodamente, e poi sgonfiarle per trasportarle con maggior facilità. Vesciche o cinture piene d' aria si usano talvolta ancora per galleggiare sull' acqua, onde apprendere i vicendevoli moti che dobbiamo dare ai membri del nostro corpo per nuotare.

Tra le macchine di fisica avvene una la quale essendo costruita all' uopo d' introdurre e di comprimere l' aria ed altri gas nei liquidi e nei recipienti, chiamasi perciò *macchina di compressione.* Mi faccio a descriverla (fig. 15).

35. **Macchina di compressione.** — Le prime macchine di compressione inventate furono semplicissime ; ma io vi descriverò quelle che sono in uso modernamente. Le quali consistono in un tubo A di metallo detto corpo di tromba, e in uno stantuffo B che si muove da alto in basso e viceversa mediante un manico ed un fusto C, al quale sta congiunto lo stantuffo nella sua parte inferiore. Alla base o parte inferiore del corpo di tromba fa seguito un tubo o canale il quale s' imbocca nel recipiente E per introdurvi e comprimervi l' aria. Nella base dello stantuffo è una valvola *h* ed un' altra *s* all' imboccatura del canale. Ambedue si aprono dall' alto al basso,

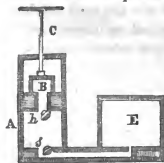



Fig. 15.

come avverrebbe del coperchio di un bricco capovolgendolo.

Per ottenere gli effetti ai quali è diretta questa macchina si comincia dal far salire lo stantuffo, tirando a noi il manico. A questo movimento la valvola *s* riman chiusa perchè fra essa e lo stantuffo non è bastante pressione d'aria da farla aprire. Al contrario la valvola *h* si apre per effetto della pressione dell'aria esterna, la quale passando per l'orifizio che apre questa valvola, scende a riempir d'aria tutto il corpo di tromba. Ciò fatto si spinge, o come si dice, si dà un colpo di stantuffo, l'aria del corpo di tromba venendo ad esser compressa apre tosto la valvola *s*, entra nel canale e di là nel recipiente, entro cui tanto più si comprime, quanto più si ripetono i colpi di stantuffo. Tornando a rialzare lo stantuffo, la valvola *s* si chiude per effetto della pressione dell'aria contenuta nel recipiente E, e l'azione si ripete nel medesimo modo. Però vi ha un limite, poichè viene un momento in cui l'aria che resta nel corpo di tromba non può più entrare nel recipiente, perchè quella che vi è già introdotta non potendo condensarsi di più, supera la forza elastica di quella spinta dallo stantuffo, e per quanto forte si spinga questo nel corpo di tromba, la valvola *s* non si apre, nè dà adito a maggior quantità d'aria.

Di questo apparato non sono frequenti le applicazioni, però sul medesimo principio sul quale si costruiscono le macchine di compressione si fanno le trombe di compressione, il cui uso è attualmente frequentissimo nell'industria per preparare, come altrove diremo, le acque gasose.

36. **Fucile ad aria.** — Un'applicazione dell'aria compressa si fa nel *fucile ad aria*, detto anche *fucile*

pneumatico. Semplicissimo è il suo meccanismo. Il calcio contiene un serbatoio con una valvola, nel quale si comprime l'aria colla macchina di compressione. Portata l'aria del serbatoio alla sua maggior tensione o compressione, s'invita al calcio una canna di ferro che riceve la palla e dirige di questa il movimento. Fatta scattare una molla per mezzo di un ferro, che equivale al grilletto degli altri fucili, la valvola si apre, e l'aria uscendo con grand'impeto, spinge lontano la palla. Nel medesimo istante la valvola spinta dall'aria del serbatoio, si richiude, e la molla torna a premervi sopra. Si possono tirar di seguito più colpi, secondo la quantità d'aria compressa nel calcio; con questo però che la portata di essi va sempre scemando col diminuire la tensione dell'aria compressa.

37. **Fontana di Erone.** — Io dissi che l'aria oltre di esser compressibile è ancora elastica; e il fucile ad aria se è un'applicazione dell'aria compressa, prova pure di questo fluido la forza elastica. La quale essendo conosciuta ancora dai filosofi antichi, ispirò ad Erone, vissuto quasi duemila anni sono, la costruzione di una fontana detta dal suo nome *Fontana di Erone.*

Fig. 16.

Questo apparato si compone di una vaschetta d'ottone A, (fig. 16) di un pallone di vetro B e di un altro C che sta fissato sopra un tripode D, esso pure di ottone, e sormontato da un bocciolo d'ottone. Il

pallone C ha un' apertura ch' è chiusa ermeticamente da un bocciolo d' ottone E; e il pallone B ha due aperture in due punti opposti fra loro, essi pure chiusi da due boccioli F e G. Al bocciolo G sta unita la vaschetta di ottone. I due palloni contengono acqua ed aria, e sono in comunicazione fra loro mediante due tubi di ottone H, I che traversano i boccioli F E. L'acqua occupa in essi i punti inferiori, e l' aria, come più leggera, i punti superiori *n*, *o*. Laonde il tubo H tiene in comunicazione l' aria dei palloni, e il tubo I l'acqua del pallone C con quella della vaschetta A. Il pallone B ha un terzo tubo parimente d' ottone che sta nel mezzo ai due summentovati, sormonta la vaschetta, traversa il bocciolo G, l' aria del pallone, e va ad immergersi nell' acqua fino alla sua parte inferiore.

Traendo fuori dal di sopra della vaschetta questo terzo tubo, si versa in essa tant' acqua, la quale passando per il foro lasciato aperto dal tubo di mezzo, riempie la metà del pallone superiore. Quindi ricollocato il tubo, si versa dell' acqua nella vaschetta, il liquido scorrendo nel tubo I, va a sgorgare nel pallone inferiore, e ne manda via l' aria spingendola nel pallone superiore attraverso il tubo H. In questo l' aria compressa esercita la sua forza elastica sull' acqua del pallone superiore, la quale obbligata a salire nel tubo di mezzo, zampilla fuori dalla parte superiore di esso, e ricade a fonte nella vaschetta, come mostra la figura; e l' acqua ripassando nel pallone inferiore traverso al tubo I, fa continuare il fenomeno fintantochè non si sia riempito d' acqua il pallone inferiore.

Questo apparato è fondato, come chiaro apparisce, sulla forza espansiva o elasticità che l' aria

del pallone B esercita sull'acqua che le sta sottoposta, e forzandola a salire pel tubo di mezzo, la fa zampillare a guisa di fontana e ricadere nella vaschetta.

38. **Sgorgo o fontana intermittente.** — La *fontana intermittente*, rappresentata dalla fig. 17 è un apparecchio disposto in modo da produrre uno sgorgo intermittente, cioè non continuato, ma a quando a quando interrotto. Un vaso di cristallo C, ben coperto da un turacciolo nella sua parte superiore, contiene dell'acqua, e nella sua parte inferiore termina in due o più canaletti aperti D, pei quali l'acqua può liberamente sgorgare. Un tubo aperto di cristallo, penetra nel vaso coll'estremità superiore, colla inferiore arriva vicino al fondo di una vaschetta d'ottone B che sostiene l'apparato, ed ha nel suo centro un sottil foro per il quale sgorga l'acqua che vi cade dai canaletti D. L'aria che penetra nel tubo per la sua estremità inferiore, entra nel vaso C, ne comprime l'acqua, e la fa sgorgare dai tubettini entro la vaschetta. Ora avviene che la quantità del liquido che ne sgorga essendo maggiore di quello che perde per il foro la vaschetta medesima; questa si riempie e viene a otturare l'orifizio inferiore del tubo, per modo che l'aria non vi può entrare. Non entrandovi più aria, l'acqua che dianzi sgorgava per effetto della pressione eguale a quella dell'atmosfera esterna, perchè questa vi penetrava per il tubo, e sgorgava per effetto ancora del peso della colonna d'acqua C, D, ora che cessano queste condizioni, cessa pure lo sgorgo. Ma questo ricomincia appena che dalla vaschetta si è vuotata tant'acqua da lasciare aperto al di sopra del suo livello l'orifizio inferiore del tubo verticale, e perciò libero il varco all'aria;

Fig. 17.

la quale esercitando una pressione maggiore sull' acqua del vaso, ricomincia l'efflusso, ch'era rimasto interrotto per diminuzione di pressione atmosferica. L' efflusso succederà così intermittente fintantochè il vaso conterrà acqua, la quale però può esser rinnovata gettandovene dalla sua apertura superiore.

Vi sono altri apparati fondati e sull' elasticità e sulla pressione atmosferica; ch' è quanto dire si prova con essi che l' aria è ad un tempo elastica e pesante per cui comprime i corpi che circonda. Ma è necessario, miei cari, che prima conosciate il meccanismo di un apparato, cui dassi il nome di *macchina pneumatica*, e della quale ci serviamo per estrarre l' aria dall' interno di un recipiente.

39. **Macchina pneumatica.** — Questa fu inventata nel 1650 da Ottone di Guericke di Magdeburgo in Germania. L' appresso fig. 18 rappresenta l' apparato nella sua primitiva semplicità.

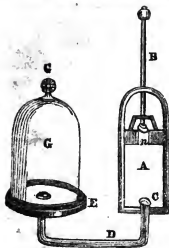



Fig. 18.

Consiste esso in un tubo metallico A detto corpo di tromba, il quale nella sua parte inferiore va a terminare in un tubo assai più stretto, o canale D ricurvo in due punti, ed esso pure di metallo. Il canale passa attraverso un piano E sul quale si pone una

campana di vetro G, detta *campana pneumatica*, dal cui interno vuolsi estrarre l'aria atmosferica. Entro al tubo A si fa muovere uno stantuffo per mezzo di un manico e di un fusto B. Nello stantuffo e nella base del tubo, cioè dove comincia il canale ritorto, sono le valvole *n* C che si alzano dal basso in alto come il coperchio di un bricco (fig. 19).

Allorchè vuolsi estrarre l'aria dalla campana, si fa scendere lo stantuffo nel corpo di tromba fino alla valvola C, la quale venendo compressa dall'aria ch'è nel corpo di tromba, si chiude ed impedisce ch'ella entri nel canale D. Ma intanto che si chiude questa, si apre l'altra valvola dello stantuffo per l'effetto medesimo dell'aria che, compressa nel corpo di tromba, la spinge in alto e la fa esalar fuori. Tirando a sè lo stantuffo, questo attira la valvola C, l'aria del canale e della campana, ed entrata nel corpo di tromba, si disperde passando per la valvola *n*. E, così tornando più volte ad abbassare ed alzare lo stantuffo nel corpo di tromba, la campana si vuota d'aria.

Fig. 19.

In conclusione questo apparato è una macchina di compressione, colla sola differenza che le valvole in questa si aprono dall'alto al basso, e nella macchina pneumatica dal basso all'alto; onde gli effetti che si ottengono per l'azione di una sono opposti a quelli che si hanno dall'azione dell'altra. Con una si estrae l'aria, coll'altra s'introduce e si comprime nei corpi.

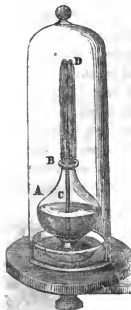
40. — **Di alcune esperienze colla macchina pneumatica.** — Molti curiosi esperimenti si fanno mediante la macchina pneumatica. Uno di questi con-

siste nel provare la forza espansiva o elasticità dell' aria e dei gas, della quale abbiamo fatto cenno al § 34, e dove avrei descritto il seguente esperimento se aveste conosciuto la macchina pneumatica. Ecco come si eseguisce.

Si colloca sotto la campana pneumatica una vescica contenente una piccola quantità d'aria, e precedentemente bagnata all' esterno onde sia più flessibile e più facilmente dilatabile. Da principio la forza elastica dell' aria che è sotto la campana, e quella dell' aria, chiusa nella vescica, si fanno equilibrio. Ma tostochè si comincia a fare il vuoto, la pressione che si esercita sulla vescica viene a farsi gradatamente più debole, e questa si gonfia sempre più come se dentro vi si soffiasse. Se poi facciamo rientrare l' aria esterna sotto la campana, noi vedremo che la vescica nuovamente compressa dall'aria rientrata, riprende il suo piccolo volume di prima; il che prova evidentemente la forza elastica del fluido atmosferico, e come di questo, degli altri gas o fluidi aeriformi.

Colla macchina pneumatica si fa pure un' altra esperienza, ch' è detta la *fontana nel vuoto*, e che serve ancor essa a dimostrare l' espansibilità dell' aria.

Fig. 20.

Si pone sotto la campana una boccia A (fig. 20) contenente acqua ed aria, e chiusa da un turacciolo B attraverso il quale sia un tubo di vetro che peschi nel liquido C, con una estremità, e coll' altra sopravanzi il

turacciolo. Appena si è fatto il vuoto sotto la campana, vedesi l'acqua zampillare in D alla sommità del tubo; il che devesi alla forza elastica dell'aria chiusa nella boccetta.

La macchina pneumatica oltre di essere un apparato necessario per gli studi sperimentali della fisica, è altresì utile per ottenere la conservazione di alcune sostanze atte al nostro nutrimento; imperocchè si è osservato che, private affatto del contatto dell'aria, si conservarono per lunghissimo tempo. E leggiamo pure che alcuni alimenti conservati entro casse esattamente chiuse, e dalle quali erasi estratta l'aria, furono dopo parecchi anni rinvenuti freschi come lo erano nel giorno che vi furono collocati.

TRATTENIMENTO V.

CONTINUA DELL'ARIA ATMOSFERICA

SOMMARIO

Pressione atmosferica. — Emisferi di Magdeburgo. — Il braccio toscano, e il metro. — Esperienza del Torricelli per misurare la pressione atmosferica. — Il barometro. — Perchè varia l'altezza del barometro. — Usi pratici del barometro. — Misura delle altezze mediante il barometro. — Col barometro si prevedono i cangiamenti di tempo. — Il barometro a quadrante. — Il sifone. — Le trombe. — La tromba aspirante. — La tromba aspirante e premente. — La tromba premente. — Applicazioni di questi tre generi di trombe. — Calamai a sifone. — Lampade a livello sempre uguale. — Cantinflora. — Soffietti.

Nel precedente trattenimento parlammo fra le altre cose dell'elasticità o forza espansiva dell'aria, della qual proprietà voi ravvisaste miei cari gli effetti nella

fontana di Erone, e nella fontana nel vuoto. Vi feci pur conoscere la macchina pneumatica e le sue applicazioni. È dunque tempo che noi discorriamo della pressione atmosferica, o gravità dell'aria, e che conosciate gli apparecchi fondati sopra questa proprietà.

41. **Pressione atmosferica.** — Galileo il primo scoprì nel 1640 che l'aria era pesante. Difatto introducete con una macchina di compressione, e in mancanza di questa, con un soffietto, tant'aria quanta ne può capire in una vescica o in un pallone di gomma elastica, indi ponetelo sul piatto di una bilancia molto sensibile, e tenendo conto del suo peso, fatene esalare tutta l'aria; ripesate quindi il pallone, vedrete esser diminuito il suo peso di quel più che gli aggiungeva l'aria compressa dentro.

42. **Emisferi di Magdeburgo.** — Fra i diversi apparati coi quali si prova la pressione atmosferica, vi sono gli *Emisferi di Magdeburgo*, così chiamati dalla città ove Ottone di Guericke gl'inventò. Con questi si prova non tanto la pressione atmosferica, ma si dimostra ancora che essa si trasmette sui corpi in tutti i sensi, cioè dall'alto al basso, dal basso all'alto ec.

Questo apparato si compone dunque di due emisferi C, D cavi d'ottone (fig. 21). I loro orli A, B sono guerniti di una striscia di cuoio bene spalmata di sego, dimodochè, messi a contatto, aderiscono fra loro perfettamente, ed impediscono all'aria esterna di penetrare dentro gli emisferi. Per formare in questi il vuoto si sovrappongono uno all'altro, quello che ha la chiavetta R si fissa a vite sul piatto P della macchina pneumatica, e mediante questa si estrae dal loro interno l'aria che contengono. Finchè il fluido atmosferico non sia estratto tutto, gli emisferi si possono

facilmente separare, perchè la forza espansiva dell' aria interna fa equilibrio alla pressione esterna dell' atmosfera. Ma fatto il vuoto, e dati gli emisferi a due uomini anche forti, onde ciascuno tragga a sè l' emisfero che tiene afferrato per l' impugnatura, come indica la figura 22, non potranno essi disgiungerli senza un potente sforzo in qualunque posizione si tenga l' apparato. Il che dimostra evidentemente che la pressione atmosferica si esercita in tutti i sensi.

Fig, 21. Fig. 22.

Con altro esperimento pure potrebbesi provare la pressione atmosferica, e risentirne gli effetti sul nostro corpo.

Si prenda un vaso di vetro (fig. 23) aperto alle due estremità, collochiamolo sul piatto della macchina pneumatica e quindi si ponga sull' orlo del vaso il palmo di una mano, come indica l' appresso figu-

ra, e in modo che non penetri da alcuna parte l'aria esterna. Appena si sarà formato il vuoto nel vaso, per cui la pressione atmosferica più non si equilibra sulle due facce della mano, questa viene ad esser premuta si fortemente contro gli orli del vaso, che non ne può esser separata se non mediante uno sforzo. E siccome l'elasticità degli umori che contiene nel suo interno la mano non è più equilibrata dal peso dell'atmosfera, la mano si fa tutta gonfia, e continuando l'esperienza più a lungo, il sangue spiccherebbe dai pori della pelle, facendo sentire non lieve dolore.

Fig. 23.

Scoperta nell'aria la gravità e la pressione, restava a trovare il modo di misurarla; e un'esperienza che per la prima volta fece il Torricelli, discepolo di Galileo, bastò per dare l'esatta misura del peso atmosferico. Vengo ad esporla, ma innanzi è necessario che io vi parli del *metro.*

43. Il metro e il braccio toscano. — Il metro è una misura alquanto più lunga del nostro braccio toscano, e come questo, partito in divisioni e suddivisioni.

Il *braccio* è diviso in venti parti uguali dette *soldi*, il soldo in tre parti minori dette *quattrini* e il quattrino in quattro altre minori dette *piccioli*, i quali formano l'ultima ed infima suddivisione. Sicchè questa misura si compone di 20 soldi, di 60 quattrini e di 240 piccioli. La figura 24 offre la lunghezza di $1/5$ di braccio, suddiviso in 4 soldi, lo spazio A B

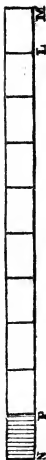



Fig. 24. Fig. 25.

quella di un soldo, lo spazio C D quella di un quattrino, lo spazio F O quella di mezzo quattrino, e le altre sono del picciolo.

Il *metro* è diviso in dieci parti eguali dette *decimetri*, il decimetro in altre dieci minori dette *centimetri*, e il *centimetro* pure in altre dieci particelle minori che sono dette *millimetri*. Sicchè la misura *metro* è composta di 10 decimetri, di 100 centimetri e di 1000 millimetri.

La figura 25 indica la lunghezza di un decimetro ch'è la decima parte del metro; le dieci suddivisioni danno la lunghezza dei centimetri, ovvero della centesima parte del metro, come lo indica lo spazio L M; e le più minute N P danno quella dei millimetri che ne sono per conseguenza la millesima parte.

Ciò premesso, vengo a parlarvi dell' esperienza del Torricelli colla quale misurò, come ho detto, la pressione atmosferica.

44. Esperienza di Torricelli. — Egli prese un tubo di vetro A B (fig. 26) lungo un metro e chiuso in una delle sue estremità. Lo riempì tutto di mercurio, ch'è un metallo liquido molto pesante, e chiuden-

done con un pollice l' apertura, capovolse il tubo e lo immerse in una vaschetta C piena dello stesso metallo. Ritirando allora il dito, il mercurio si abbassò nel tubo di parecchi centimetri, e andò a mescolarsi con quello della vaschetta.

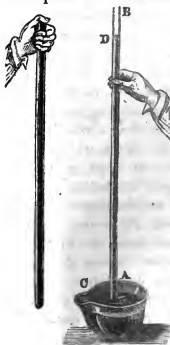



Fig. 26.

Da questo esperimento egli dedusse, 1° che nel tubo producendosi il vuoto fino al punto D, il mercurio rimasto non vi soffre alcuna pressione, perchè l'aria erane stata tutta scacciata dal metallo; 2° che il mercurio della vaschetta essendo sottoposto alla pressione atmosferica, e venendo perciò a comprimere il mercurio all' imboccatura del tubo capovoltato, impedisce che tutto si riversi nella vaschetta; 3° finalmente che la pressione atmosferica, o peso dell' aria, equivale di consueto al peso di una colonna di mercurio avente l' altezza di 76 centimetri; altezza che non si mantiene sempre la medesima per le cause che in breve esporremo. Dovete però sapere, miei buoni giovinetti, che il primo germe della scoperta del modo di misurare il peso dell'atmosfera devesi ad alcuni fontanieri fiorentini. Dovendo essi tirare con una tromba l'acqua da una profondità maggiore di 32 piedi (che sono quasi 16 braccia toscane), videro con gran sorpresa che l'acqua non saliva fino alla cima del tubo ch' era innestato alla tromba. Galileo appena seppe il fatto osservato dai

fontanieri, suppose che il peso dell' aria ne fosse la cagione. Nè s' ingannò il grand' uomo; perchè difatto l' acqua non si alza entro un tubo che all' altezza di circa 16 braccia dal suo livello a cagione della pressione atmosferica. Ma questa verità vi sarà più manifesta quando avremo parlato del barometro e delle trombe.

45. **Barometro.** — L' esperimento del Torricelli ispirò la costruzione del *Barometro*, apparato che serve a misurare la pressione atmosferica, ovvero il peso dell' aria.

Vi sono barometri di più maniere. Il più comune è quello *a vaschetta* e *a pozzetto*; il quale consiste in un tubo diritto di vetro (fig. 27) lungo circa 85 centimetri, vuotato perfettamente d' aria, ripieno di mercurio, chiuso nella estremità superiore, ed aperto nella inferiore, colla quale sta immerso nel mercurio di che è ripiena la vaschetta B. Onde poterlo tenere appeso verticalmente alle pareti delle nostre stanze, e trasportarlo da un luogo all' altro, il tubo e la vaschetta sono fissati ad una tavoletta C che nella parte superiore porta una lastra metallica O sulla quale sono incise tante linee orizzontali che formano una così detta *scala graduata* in centimetri e in millimetri incominciando dal livello del mercurio nella vaschetta. Sicchè l' altezza della colonna di mercurio (detta colonna barometrica) che sta per es. dal 70 in giù, sottintende una scala graduata di 69 centimetri ossia di 690 millimetri.

Fig. 27.

Onde poi non si disperda il mercurio dando al barometro una posizione orizzontale per trasportarlo, la vaschetta è ben chiusa ma non tanto che l'aria non penetri; anzi vi penetra per una piccola apertura ricoperta da sottilissima pelle, attraverso i pori della quale filtrando, esercita la sua pressione sul mercurio.

46. **Perchè varia l'altezza del barometro.** — La colonna barometrica, detta anche *altezza del barometro,* varia e per molte cause. Abbassa, per es., tutte le volte che l'aria si faccia più calda, perchè riscaldandosi si dilata, dilatandosi si fa più leggera, facendosi più leggera, gravita meno sul mercurio della vaschetta, e lascia che porzione di quello del tubo scenda a mescolarsi con quello della vaschetta medesima. Al contrario l'altezza del barometro si fa maggiore col raffreddarsi dell'aria, ovvero coll'aumentare la sua densità e per conseguenza la sua pressione. Come il fatto dei fontanieri ispirò al Galileo l'idea che l'aria fosse pesante, così al Torricelli ispirò l'altra di misurarne il peso col mercurio; e come i fontanieri avevano casualmente dimostrato che la gravità dell'aria teneva sospesa l'acqua dentro un tubo alto 32 piedi, così il Torricelli dimostrò che essa teneva sospeso il mercurio in un tubo alto 77 centimetri. Dal che resulta questa conseguenza, che il peso della colonna di 77 centimetri di mercurio corrisponde al peso di una colonna d'acqua alta 32 piedi; per modo che mettendo queste due colonne sui piatti di una bilancia, si fanno esattamente equilibrio. E con questo fu altresì dimostrato che una medesima causa, cioè la pressione atmosferica, produce l'ascensione del mercurio nella canna del barometro, e l'ascensione dell'acqua in un tubo; come anco meglio vedremo quando

si parlerà delle trombe che si usano per estrarre l'acqua dai pozzi.

Se dunque al Torricelli non è dovuta la gloria di avere scoperto il peso nell' atmosfera, egli merita quella di aver costruito il barometro, ch'è uno strumento tanto più comodo e più atto alle esperienze che non sarebbe una canna lunga più di 16 braccia e ripiena d' acqua.

47. **Usi pratici del barometro.** — Il barometro serve a due usi pratici, cioè a determinare l' altezza delle montagne e a presagire i cangiamenti di tempo.

48. **Misura delle altezze mediante il barometro.** — Voi ricorderete, miei cari, che l' aria sta disposta a strati intorno alla terra; sicchè la pressione atmosferica dovrà necessariamente decrescere quanto più in alto si sale, e al contrario aumentare quanto più ci abbassiamo, fino a che non si giunga in pianura che sia al livello del mare, il quale vien considerato come il più basso nella superficie della terra. Nè può esser diversamente, se riflettete che nel mare sboccano i fiumi dopo di aver percorso la superficie del globo.

Se adunque l' atmosfera decresce quanto più si ascende, ne viene che il mercurio del barometro si abbassa tanto più, quanto maggiore è l' altezza cui vien portato lo strumento; e al contrario si alza tanto più, quanto più basso sia il luogo nel quale venga posto, perchè ivi è maggiore la pressione atmosferica, avendo lo strumento sopra di sè una maggior quantità di strati atmosferici.

Ora dunque se l' altezza che vogliamo misurare non è assai grande, un sol uomo col barometro potrà misurarla. Ma se vi vorrà lungo tempo per ascendere il monte, durante il qual tempo la pressione atmosferica potrebbe variare, bisogna essere in due, ed aver due

barometri che siano ben d'accordo. Ed allora uno degli osservatori rimane al piede della montagna, l'altro ascende la sommità; poi ad un'ora determinata essi guardano l'altezza precisa del loro barometro, e nella sua differenza calcolano a metri l'altezza del monte.

49. **Col barometro si prevedono i cangiamenti di tempo.** — Dovete pur anche sapere che l'altezza barometrica varia in ciascun luogo non solo da un giorno all'altro, ma ben anche nel medesimo giorno; che alcune variazioni dipendono in esso dalle stagioni, dalla direzione dei venti e dalla posizione geografica; ed altre poi succedono periodicamente a certe ore del giorno, secondo che cresce o diminuisce la pressione atmosferica per dilatarsi o condensarsi che faccia l'aria circondante il barometro.

Si è osservato che nei nostri climi il barometro sta comunemente al di sopra di 758 millimetri quando è bel tempo, e scende al di sotto di questo punto quando piove, nevica e fa temporale. Laonde i fisici dietro questa coincidenza fra l'altezza del barometro e lo stato del cielo, segnarono sullo strumento le seguenti indicazioni, contando da 9 in 9 millimetri al di sopra e al di sotto di 758.

Altezza		**Stato dell' atmosfera**
Millimetri	731.	tempesta.
—	740.	gran pioggia.
—	749.	pioggia o vento.
—	758.	variabile.
—	767.	bel tempo.
—	776.	bello stabile.
—	785.	assai secco.

Ma contuttociò dovete ritenere che il barometro è solamente e realmente destinato a misurare il peso del-

l'aria, e che perciò non si alza o si abbassa se non quando questo peso aumenta o diminuisce; e che sebbene dal fatto apparisce che i cangiamenti di tempo il più delle volte coincidono colle variazioni di pressione atmosferica, pur nonostante non si può dedurre che un abbassamento di barometro sia succeduto sempre da tempo cattivo, e un rialzamento annunzi il tempo buono. Quello poi che delle indicazioni barometriche comunemente si ritiene è questo: che sono esse *probabili* quando il mercurio ascende o discende *lentamente* (cioè per due o tre giorni di seguito) verso il bel tempo o verso la pioggia; e che le variazioni *rapide*, tanto in un senso che nell'altro, presagiscono cattivo tempo o vento, atteso il rapido cangiamento di densità e di pressione che succede nell'aria atmosferica, il quale è subitamente risentito dal mercurio.

Fig. 28.

50. **Barometro a quadrante.**— Quantunque non sia sempre e scrupolosamente esatta, come abbiamo detto, la coincidenza fra l'altezza del barometro e lo stato del cielo, pur nondimeno non è affatto riputato inutile un apparato cui dassi il nome di *barometro a quadrante,* destinato principalmente ad indicare il bello o il cattivo tempo.

Esso è così chiamato perchè munito di un quadrante A (fig. 28), (detto comunemente *mostra* come quella degli orologi), sul quale si muove una lunga lancetta B mediante un semplice meccanismo. All'asse o pernio, della lancetta è fissata una

carrucolina C, sulla cui scanalatura si avvolge un filo D che porta ad una sua estremità inferiore un peso, e all'altra un secondo peso, alquanto maggiore del primo, che galleggia sul mercurio del tubo.

Il tubo è ricurvo nella parte inferiore, e si allarga alle estremità G, O ed E, F. Il mercurio che vi è stato introdotto dall'apertura G è sostenuto nel tubo di vetro dalla pressione atmosferica, e si livella nella parte inferiore e superiore lasciando vuoto uno spazio. Per il qual meccanismo è facile vedere che se la pressione atmosferica aumenta, il mercurio si abbassa nel ramo più corto del tubo ch'è aperto all'estremità, e di dove entra il filo. Allora il peso galleggiante discende e fa ruotare la carrucolina e la lancetta da sinistra a destra. Se poi la pressione diminuisce, il mercurio si alza nel braccio più corto, solleva il galleggiante, e allora succede il movimento contrario e nella carrucola e nella lancetta.

Da ciò resulta che la lancetta coll'alzarsi e coll'abbassarsi del galleggiante, si ferma alle parole *variabile*, *pioggia*, *bel tempo* ec. che sono scritte sul quadrante; e così indica e presagisce lo stato del cielo. Indicazioni e presagi che sono talvolta di grande utilità, e più che a tutti ai marinari; i quali, essendo avvertiti di una tempesta che minacci suscitarsi in mare, prendono per tempo le necessarie cautele, onde evitare pericoli e disastri.

Questo apparato, fornito di dorature e d'intagli, come vedesi nella fig. 29, adorna le sale dei palazzi, e nelle grandi città alcune botteghe e luoghi pubblici.

Nella parte superiore di esso si suol mettere anche un termometro, il quale serve, come a suo luogo

Fig. 29.

vi dirò, a misurare il caldo dell'aria.

Non poche utili applicazioni ai bisogni della vita si fanno della pressione atmosferica. Si estrae, per es. il vino e qualunque altro liquido dai barili, dalle botti e da ogni altro vaso che lo contengano, senza grave incomodo e con assai speditezza. Si estrae l'acqua corrotta dai pozzi e dalle cisterne; si vuotano le cantine e qualunque luogo sotterraneo ripieno d'acqua, mediante apparati costruiti in modo da porre in azione la pressione atmosferica.

Questi apparati sono il *sifone*, la *tromba aspirante*, la *tromba premente* e la *tromba aspirante e premente*. Dirò del sifone.

51. **Sifone.** — Il *sifone* è un tubo curvato di latta o di vetro, (fig. 30), a rami ineguali e che serve a travasare i liquidi. Il ramo più corto è quello che pesca nel liquido che si vuol travasare.

Volendo servirci di questo strumento per travasare del vino da un barile nei fiaschi, s'immerge nel barile il ramo più corto in modo che l'estremità pesi sul fondo di esso, si tura quindi con un dito il punto D, e per mezzo dell'orifizio A si aspira colla bocca l'aria ch'è nell'interno del sifone. Allora di mano in mano che in questo si fa il vuoto, e l'aria del sifone

Fig. 30.

non fa più equilibro a quella esterna, dall'orifizio che tocca il fondo del barile ascende il vino perchè premuto dall'aria che penetra dal cocchiume C del barile; e appena sentiamo arrivare in bocca il vino, si lasciano i due orifizi A e D, e il vino si riversa per quest'ultimo, com'è indicato dalla figura. Sottoponendovi di mano in mano un fiasco con imbuto, tutto il liquido, contenuto nel barile, in poco tempo si travasa senza alcuna fatica.

L'immagine del sifone qui appresso è la così detta *canna da vinai* ed è fatta di latta.

Quando poi il liquido che si vuol travasare non è di natura tale da esser introdotto nella bocca, si fa uso di un sifone al quale è saldato un secondo tubo S (fig. 31), parallelo al ramo più lungo. E allora mediante l'orifizio B di questo tubo aggiunto si aspira l'aria, avendo cura di chiudere nello stesso tempo l'altro orifizio P, e di non permettere che il liquido si elevi nel tubo S fino alla bocca. Aspirata tutta l'aria, e sturando l'orifizio P, il liquido si verserà per questo finchè il ramo più corto C pescherà in quello.

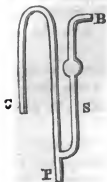



Fig. 31.

I vinai ed i mercanti di vino fanno uso ancora di grandi sifoni per travasare il vino dalle botti; e sic-

come non sarebbe possibile di aspirare tutta l'aria che si contiene nell'interno di quelli apparati, sono essi muniti di una valvola o turacciolo, il quale venendo a chiudere l'orifizio del ramo più corto, permette che tutto il sifone si possa riempire di vino. Immersone quindi il ramo più corto nella botte, e per mezzo di un filo tiratone via il turacciolo, il liquido della botte essendo compresso dall'aria esterna, esercita una pressione sul vino del sifone già introdotto, questo ne esce dall'orifizio del ramo più lungo, e permette che nel suo posto subentri il liquido della botte, il quale si riverserà fuori finchè il ramo più corto del sifone pescherà in esso.

52. **Trombe.** — Abbiamo detto che anche le *trombe* sono fondate sulla pressione atmosferica.

Queste sono macchine che servono ad inalzare l'acqua per aspirazione, per pressione, o per questi due effetti combinati insieme. Da ciò nasce la loro divisione in *tromba aspirante*, *tromba premente*, e *tromba aspirante e premente*.

53. **Tromba aspirante.** — L'appresso figura 32 rappresenta un modello di tromba aspirante quale si suol tenere nei gabinetti di fisica per la dimostrazione, ma che offre però le medesime disposizioni delle trombe comunemente adoprate per estrarre l'acqua corrotta dai pozzi, e che più volte avrete veduta in azione per le strade della nostra città.

Si compone questa di un *corpo di tromba* A, alla base del quale è una valvola B che si apre dal basso all'alto come quelle della macchina pneumatica. Al corpo di tromba succede un tubo C lungo tanto che arrivi a pescare nell'acqua che vogliamo estrarre. Entro il corpo di tromba sta uno stantuffo D che, mediante una manovella M ed un fusto F, si fa salire e discen-

dere nel corpo di tromba. Sollevando lo stantuffo, si aspira l'aria del tubo C, la quale in virtù della sua elasticità solleva la valvola B che la fa passare nel corpo di tromba. Vuotandosi d'aria il tubo, vi subentra subito l'acqua perchè premuta dall'aria esterna.

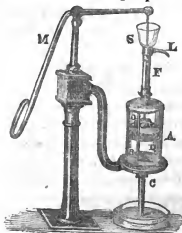



Fig. 32.

Quando poi lo stantuffo discende, la valvola B si chiude pel proprio peso, e si oppone al ritorno dell'aria del corpo di tromba nel tubo che vi è annesso, come precisamente succede nella macchina pneumatica. L'aria, compressa allora dallo stantuffo che si abbassa, apre la valvola O ch'è nello stantuffo e si disperde nell'atmosfera. Ad un secondo colpo di stantuffo si ripetono i medesimi fenomeni, e dopo alcuni colpi l'acqua, che sempre più è salita nel tubo C, entra finalmente nel corpo di tromba. Da questo momento l'acqua, compressa dallo stantuffo che si abbassa, solleva la valvola O, penetra al di sopra dello stantuffo, il quale la spinge nel serbatoio S, e per l'orifizio L si riversa fuori; semprechè il tubo per arrivare dal corpo di tromba all'acqua non sia più lungo di 32 piedi. E nel caso che debbasi vuotare un pozzo di maggior profondità, è necessario di collocare ad un certo punto della gola del pozzo una tromba aspirante e premente, la quale estrarrà l'acqua col tubo di aspirazione, e poi la spingerà fuori del pozzo coll'apparecchio che ora sono a descrivervi.

Vi è poi bisogno che lo stantuffo sia continuamente alzato ed abbassato, quantunque il tubo sia più corto di 32 piedi, perchè l'aria precipitandosi attraverso il corpo di tromba sull'acqua del tubo, la farebbe ricadere nel pozzo. E così gli uomini che vuotano con questo strumento i pozzi delle case, con agitare continuamente lo stantuffo, non danno tempo all'aria di precipitarsi nel tubo.

54. **Tromba aspirante e premente.** — La tromba aspirante e premente solleva l'acqua e per aspirazione e per pressione. Poco differisce da quella che abbiamo descritta; eccettochè il suo stantuffo è più pesante, massiccio e senza valvola

Alla base del corpo di tromba C (fig. 33) nel punto ove principia il tubo A che va a pescare nell'acqua,

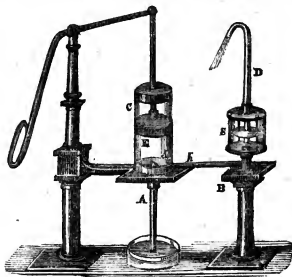



Fig. 33.

è una valvola *s* che si apre dal basso all'alto. Un'altra valvola *h* è al principio di un tubo a gomito B il quale

comunica col corpo di tromba e col serbatoio S, destinato a ricevere l'acqua e trasmetterla al tubo D. Ad ogni salita dello stantuffo E l'acqua sale nel tubo di aspirazione A, e penetra nel corpo di tromba. Quando lo stantuffo discende, la valvola *s* si chiude, e l'acqua compressa solleva l'altra valvola *h* per passare nel serbatoio S, e da questo nel tubo D, il quale quanto più è lungo e tanto più in alto conduce l'acqua, purchè la forza dell'uomo, che mette in movimento lo stantuffo, superi la pressione che fa l'acqua entrata nel serbatoio e nel canale di ascensione.

Le trombe aspiranti e prementi si vedono collocate nei cortili di molti palazzi e di case all'oggetto di mandare l'acqua ai loro piani per l'uso delle persone che vi abitano. L'acqua spinta entro i canali dalla tromba premente, va a sgorgare entro certi serbatoi collocati o nelle cucine o altrove, e da quelli passa in certi canali di piombo o di zinco, che la portano in alcune stanze della casa, ove può prendersi tutte le volte che vogliamo, girando una chiavetta che sta in fondo al canale. Questa, girata in un senso, apre lo sgorgo all'acqua, girata in un altro, ne fa cessare lo sgorgo, e impedisce all'acqua di spargersi sul pavimento. Le case che sono fornite di tutto quest'apparato, diciamo *avere il comodo dell'acqua a tromba.*

55. **Tromba premente.** — La *tromba premente* è detta pure *tromba da incendi*, perchè viene più che altro adoprata per estinguere gl'incendi. Opera essa per pressione, e non approfitta del peso atmosferico come le due precedenti. Il suo doppio scopo è di far ascendere l'acqua all'altezza che occorra, e di farvela sgorgare con grande celerità, onde possa più presto estinguer le fiamme, e troncare i progressi del disastro.

Per ottenere questi due effetti nel medesimo tempo, l'apparato si compone (fig. 34) di una specie di tinozza T, T destinata a contenere acqua, entro la quale stanno collocate due trombe prementi, i cui stantuffi A, A si muovono nel medesimo tempo ma in senso contrario; sicchè quando uno scende, l'altro sale, e viceversa. Dentro i due corpi di tromba penetra l'acqua per le valvole *c c*, e quando viene respinta, apre le altre due *b b*, e passa per queste onde entrare in un piccolo serbatoio posto nel mezzo alle due trombe. Qui sta collocata l'estremità inferiore di un tubo metallico M, al quale se ne innesta un altro di materia flessibile in modo da potersi dirigere sopra qualunque punto dell'incendio. Entro questo tubo viene spinta alternativamente l'acqua dai due stantuffi tutte le volte che si abbassano.

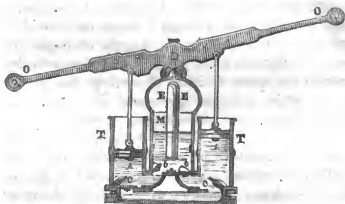



Fig. 34.

Per mettere in azione la tromba si muovono le due estremità *o*, *o* di una lunga asta di ferro che gira intorno ad un asse orizzontale fissato sopra al serbatoio. Due o più uomini, impugnate le due estremità

di quest'asta, le alzano e le abbassano alternativamente, e con essa si muovono i due stantuffi **A**, **A** per mezzo di due verghe di ferro che ad un'estremità sono fissate all'asta, e con l'altra agli stantuffi. Intanto che la tromba è in movimento, altri uomini versano continuamente acqua nella tinozza ove stanno i due corpi di tromba, e così il getto dell'acqua nel luogo incendiato non soffre interruzione.

Io vi ho detto miei cari che le trombe prementi non approfittano del peso atmosferico; e infatti spingono esse l'acqua, premendola nel tubo, all'altezza che vogliamo, senza bisogno di pressione atmosferica. Ma costruendone espressamente per estinguer gl'incendi, sogliono i meccanici combinarvi talvolta un serbatoio d'aria, nella figura indicato da E, E che sta, come vedesi, sopra al recipiente destinato a ricevere l'acqua spintavi dalle due trombe. Ed allora si ottiene che l'aria venendo a comprimere l'acqua nel tubo *d*, più facilmente questa vi ascende, il getto ne è più regolare, e la celerità il più possibile maggiore nei solenni momenti che spesso decidono le sorti di una famiglia.

Nè questi soli sono gli oggetti che agiscono per effetto della pressione atmosferica; ma altri ve ne sono, che adoprati negli usi comuni della vita, ci sono utilissimi. Tali sarebbero, per es., alcune macchine per fare il caffè, certi calamai e certe lampade, gli assaggiatoi ec. Dirò dei calamai, delle lampade e degli assaggiatoi.

56. **Calamai a sifone.** — Sono comunemente in uso certi piccoli calamai di vetro bianco o colorito detti *a sifone*, perchè sifone chiamasi non tanto un canale o tubo da condur l'acqua, ma ancora ogni tubo ritorto e adattato a travasare qualunque liquido. L'appresso fig. 35 vi dà, miei cari, l'immagine di

siffatti calamai, nei quali verrebbe formato il sifone dal tubo S aperto e ripiegato insù, entro cui s' introduce la penna per attingervi l'inchiostro.

Per questo medesimo orifizio s' introduce l' inchiostro, il quale si mantiene a giusta altezza nel sifone per la lieve pressione che riceve dall' aria rimasta entro il calamaio, e dal liquido forzata ad occuparne la parte superiore. E che ciò sia vero voi lo potete agevolmente provare coll' esperienza. Mettete il calamaio al sole; dopo qualche istante vedrete l' inchiostro salire su pel sifone, giungere all' orifizio, ed anche traboccare se continuerete a tenerlo al sole. Il qual fenomeno succederà per l'azione del sole, il quale riscaldando l' aria contenuta nel calamaio, la dilata, ne accresce il volume e la pressione sull'inchiostro, per modo che questo, rigonfiando, ascende nel sifone e trabocca. La qual cosa vi deve fare avvertiti, miei cari, di non lasciare esposti all' azione del sole siffatti calamai, onde non abbiate guasti dall' inchiostro e libri e cartolari che possiate avere sul tavolino, non che il tavolino medesimo.

Fig. 35.

57. Lampade a livello sempre eguale. — Avvi ancora delle lampade, o *lumi*, come abbiamo detto a pressione atmosferica, o a livello sempre eguale come esprime la figura 36.

Questi lumi hanno un recipiente di latta, come dimostra l'oggetto mobile A, ch' è il serbatoio dell' olio fatto a guisa di boccia rovesciata. Riempitolo d' olio per l' apertura O, e tenendolo anche rovesciato col collo all' ingiù, l' olio non si versa, perchè l' apertura ri-

mane turata da una girellina di latta o di ottone sulla quale gravita l'olio, e a cui è saldato nel mezzo una specie di gambo di ferro G. Questo gambo (messo che sia il serbatoio A col collo all'ingiù dentro al vaso I, o recipiente esterno della lampada) va ad appoggiarsi in fondo del vaso e tiene un poco alzata la girellina per modo che l'olio può uscire dal serbatoio A ed entrare nel recipiente esterno della lampada di mano in mano che la fiaccola lo consuma.

Questo serbatoio A introdotto nel recipiente I si appoggia alla bocca E per mezzo di un orlo rilevato D, e non arriva a toccare il fondo colla sua apertura O, ma vi resta alquanto sollevato. Quando l'olio ch'è entrato nel recipiente I tura la bocca del serbatoio, di qui non può uscire altr'olio, perchè vi è sostenuto dal peso dell'aria ch'entra pel foro M nel recipiente esterno, e va ad esercitare la sua pressione sulla superficie del liquido. A misura però che l'olio vien consumato dal lume, il suo livello s'abbassa nel vaso I, e l'apertura del serbatoio rimanendo appena aperta, qualche stilla d'olio ne scende, e allora una bolla d'aria v'entra subito a prenderne il posto. In tal modo il liquido rimane sempre al medesimo livello nel vaso I, e corrisponde alla vetta del lucignolo, com'è dimostrato dalla linea *n n*.

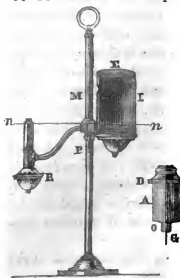



Fig. 36.

La lampada potendo scorrere nel fusto P che la sostiene, la collochiamo all'altezza che più ci aggrada; ma perchè dia lume chiaro, e non si spenga, richiedesi che stia ben diritta sul suo piedistallo; chè se pendesse in dietro ossia verso la parte del serbatoio, ritirandosi l'olio dalla calza (lucignolo largo a forma di nastro) mancherebbe l'alimento alla fiamma e la vedremmo impallidire. Se invece pendesse dalla parte della fiamma, l'olio affluendo con soverchia abbondanza, traboccherebbe al di fuori, dopo di aver riempito il piccolo recipiente R ch'è in fondo al tubo in cui è posta la calza.

Vi ho detto che la girellina di latta venendo pigiata sull'apertura del serbatoio dall'olio che in esso si contiene, l'olio non ne esce, tenendo anco il collo rovesciato all'ingiù. Ma l'olio non cadrebbe quand'anche la girellina fosse collocata al di fuori, purchè fatta di sostanza elastica e che perfettamente e in tutti i punti combaciasse sull'orlo del collo, nè lasciasse alcun adito all'aria. Ne avrete la conferma facendo l'esperienza che dimostra l'appresso figura 37.

Empite d'acqua un bicchiere fino all'orlo, applicate sulla superficie del liquido un pezzo di carta, e sopra questo un piattino; capolgete quindi il bicchiere sul piattino, assicuratevi che l'acqua non trapeli dal foglio, e quindi preso bene con una mano il fondo del bicchiere e sollevatolo in alto, vedrete che l'acqua non precipita dal bicchiere perchè bene aderisce all'orlo di esso, e perchè l'aria la comprime di sotto in sù; e benchè sottilissima e leggera la rende atta a sostenere il

Fig. 37.

peso dell' acqua, finchè tra la carta e l' acqua non penetri un filo d' aria, il che potrete fare introducendovi la punta di un ago.

58. **Assaggiatoio.** — L' assaggiatoio finalmente è un apparato semplicissimo e consiste in un tubo A, A (fig. 38) di metallo che nella sua estremità inferiore termina in forma sferica cava, e avente un foro nel punto B. Immergendo questa sfera e porzione del tubo in un liquido, ella se ne riempie subito perchè vi penetra pel foro. Sollevando il tubo, il liquido ne esce subito pel foro, perchè l' aria che penetra pel foro C dell' estremità superiore del tubo medesimo, gravita sul liquido e lo fa sgorgare. Ma chiudendo col pollice il foro C, come indica la fig. 39, il liquido cessa subito di sgorgare perchè non ha più sopra di sè il peso che lo spinge fuori.

Fig. 38.

Fig. 39.

Questo semplice apparecchio, diversamente modificato nella forma, è utilissimo per attingere dai recipienti qualunque liquido senza intorbidarlo e senza aver l'incomodo di rimuovere i recipienti medesimi che lo contengono, come fanno i negozianti d' olio.

I barometri, le trombe, i calamai a sifone, le

lampade a livello sempre eguale ec. sono strumenti la cui azione deriva principalmente dalla pressione atmosferica. Vi sono poi alcuni apparati, i quali pompano l'aria nell'atmosfera, approfittano della sua elasticità, e a guisa di macchina di compressione, la premono entro se stessi, e quindi la lanciano fuori con impeto, producendo come un fortissimo vento.

Tali sono i soffietti, del cui meccanismo voglio darvi un'idea, siccome oggetti che avrete più volte maneggiati, e che oggimai sono per le case di tutti.

59. **I soffietti.** — I soffietti comuni, dei quali ci serviamo per ravvivare il fuoco dei caminetti o delle stufe, altro non sono in se stessi che oggetti destinati, come ho detto, a pompare l'aria nell'atmosfera per poi spingerla con impeto e con celerità sul carbone e sulle legna, delle quali noi vogliamo accelerare la combustione.

Si compongono essi di due tavolette di legno che terminano in un manico A, B (fig. 40) e fra loro

Fig. 40.

riuniti da un pezzo di pelle flessibile che lascia uno spazio C chiuso da tutte le parti. In una delle due tavolette è un'apertura D, coperta nell'interno da un pezzo di cuoio flessibile, il quale vi è attaccato per alcuni punti della sua estremità, e fa la funzione di valvola. Questo cuoio viene a chiudere l'apertura D quando l'aria interna tende ad uscire, mentre l'aria esterna la solleva allorchè penetra dentro al soffietto per l'apertura medesima. Compie l'apparato un tubo

metallico E, per il quale l'aria viene ad esser lanciata dall'interno all'esterno.

Per mettere in azione il soffietto si prendono colle mani i due manichi, e si fa muovere il manico B in modo da scostarlo e alternativamente ravvicinarlo all'altro. Per effetto di questo movimento lo spazio interno ora aumenta e ora diminuisce. Aumenta allorchè scostiamo i due manichi fra loro, e veniamo a distender la pelle che sta ripiegata sopra se stessa; diminuisce allorchè ravviciniamo i manichi e riportiamo la pelle sulle sue pieghe. Quando aumenta vi si forma un vuoto, e l'aria atmosferica vi s'introduce subito per le aperture D, E, ma più per quella D ch'è più larga. Quando poi lo spazio diminuisce (il che accade allorchè i due manichi si ravvicinano) l'aria interna è compressa, e non potendo uscire per l'apertura D, perchè allora è chiusa, è obbligata di uscire tutta dal tubo e per l'orifizio E.

Da questo apparato esce l'aria con intermittenza; e succede ancora che nel momento in cui fassi l'aspirazione dell'aria, ossia quando scostiamo fra loro i due manichi, l'aria esterna che tende ad entrare per l'orifizio E, come per l'apertura D, può condurvi dentro anco la fiamma, se vi teniamo molto vicino il soffietto.

Per evitare questi due inconvenienti si sono costruiti i soffietti chiamati a *doppio vento.* Questi sono composti di tre tavolette di legno, di cui due sole terminano nei manichi A, B (fig. 41). Fra queste tavolette sono disposti, come nell'altro soffietto, due pezzi di pelle che formano due scompartimenti C, F. Il primo comunica coll'aria esterna per un'apertura D, munita di valvola, e questo comunica con un secondo F

per un' apertura E, munita essa pure di valvola. All'estremità di questo secondo scompartimento è un condotto che sbocca nel tubo G, per il quale l'aria dev' essere lanciata.

Quando scostiamo i due manichi A, B, la valvola E si chiude, la valvola D si apre, e l'aria esterna penetra nello scompartimento C. Quando poi ravviciniamo i due manichi, la valvola D si chiude, la valvola E si apre, e l'aria passa da C in F. Una piccola molla interna tende sempre a ravvicinare le due tavolette che comprendono lo scompartimento F. Nel momento che l'aria passa da C in F, la molla cede e permette allo spazio F di allargarsi per contenerla; ma torna subito ad esercitar la sua forza, e comprimendo quell' aria, la obbliga ad uscire dal tubo G. Continuando ad agitare i manichi A e B, nuove quantità d' aria entreranno successivamente da C in F prima che la molla abbia avuto il tempo di mandar fuori tutta l'aria che era precedentemente entrata nello scompartimento F. Con questo si ottiene che l' aria esce continuamente dal tubo G e senza alcuna interruzione, purchè rapido sia il movimento dei manichi; nè la fiamma può penetrare negli spazi interni del soffietto.

Fig. 41.

Analoghi al primo soffietto sono i grossi mantici che adoprano i nostri fabbri nelle loro fucine per far più viva la combustione del carbone col quale fanno

bollire, com'essi dicono, il ferro per ridurlo alla forma che vogliono, battendolo sull' incudine con grossi martelli. Anco nelle grandi fonderie di metalli si adoperano i grandi mantici, ma ivi sono messi in moto o col vapore o con tali meccanismi da ottenerne un'azione eguale, rapida e costante.

TRATTENIMENTO VI.

DEGLI AEROSTATI O PALLONI VOLANTI

SOMMARIO

Principio di Archimede. — Diavoletto di Cartesio. — Vescica natatoria dei pesci. — Il nuoto eseguito dagli uomini e dai quadrupedi. — Aerostati e loro scoperta. — Costruzione, gonfiamento ed ascensione degli aerostati. — Il paracadute e sua utilità. — Valore e necessità della pressione atmosferica.

Continuando sempre a parlare delle pressioni esercitate dall' aria e dai gas in virtù della loro forza elastica e del loro peso sui corpi che vi sono immersi, viene in campo l' argomento degli Aerostati o Palloni volanti. Ma prima di venire a trattare espressamente di questi, è utile che sappiate alcune teorie intorno ai corpi immersi sia nei liquidi, sia nell' aria, le quali formano il così detto *principio di Archimede*, perchè fu scoperto da questo celebre geometra e meccanico, morto a Siracusa che sono più di duemil' anni.

60. **Principio di Archimede** — Archimede un giorno fu veduto correre tutto giubbilante per le strade di Siracusa, e gridare; *l' ho trovato! l' ho trovato!* — Dimandatogli che cosa; rispose: una verità che io cercava da tanto tempo; cioè, che *un corpo immerso in un*

liquido perde tanto del proprio peso, quant' è il peso del liquido spostato.

Questo principio serve di base alla teoria dei corpi immersi e dei corpi galleggianti; cioè, che se un corpo immerso in un liquido ha la medesima densità, ovvero pesa quanto il liquido, la spinta che questo dà al corpo per sollevarlo, è uguale al peso del corpo medesimo; e allora il corpo rimane sospeso nel seno del liquido, perchè sposta un volume di questo che in peso è uguale al proprio. Ma se il corpo è più denso del liquido, egli cade, perchè il suo peso supera la spinta che gli dà il liquido dal basso all' alto. Finalmente se il corpo immerso è meno denso del liquido, allora prevale di questo la spinta, innalza il corpo fuori della sua superficie e lo fa galleggiare. Questo rimaner sospeso o immerso o galleggiante nell' acqua o in altro liquido un corpo qualunque, si verifica in un piccolo apparato, detto *Diavoletto di Cartesio.*

61. Diavoletto di Cartesio. — Questo apparato si compone (fig. 42) più comunemente di una boccia di cristallo piena d' acqua, tranne una porzione del collo. S'immerge nell'acqua una piccola figura di smalto o vetro sostenuta da una bolla *m*, parimente di vetro, che contiene aria ed acqua, e che galleggia alla superficie del liquido. Questa bolla ha nella sua parte inferiore un piccolissimo foro per il quale introduciamo poche gocce d' acqua, le quali possono entrare ed uscire secondo che l' aria interna della bolla venga ad essere più o meno

Fig. 42.

compressa. Sull' orlo del collo della boccia si distende e si lega o un pezzo di vescica o un pezzo di cartapecora precedentemente bagnato, onde sia più flessibile; e si ha cura che la legatura sia stretta quanto più si può, onde impedire qualunque comunicazione fra l' aria esterna e quella interna della boccia. La quantità d'acqua, introdotta previamente nella bolla, è tale che basta al diavoletto un piccolissimo aumento di peso per sommergersi interamente.

Ora dunque, secondo quello che vi ho insegnato, il diavoletto viene innalzato fuori a superficie dell'acqua, perchè essendo egli meno pesante di questa, la spinta ch'ella gli dà, supera il di lui peso, e il diavoletto *galleggia*. Ma se vi fate a pigiare col pollice sulla membrana, come lo indica la figura, l'aria che sta rinchiusa nel collo della boccia, viene subito ad esser compressa, e trasmette la sua pressione all'acqua del vaso e all' aria che è nella bolla. Allora ne nasce che una certa quantità d' acqua penetra nella bolla, e il diavoletto cessa di essere corpo galleggiante. Se la pressione è tale che faccia entrar nella bolla tant' acqua da rendere la figurina di peso eguale al liquido, sicchè la spinta, che questo dà a lei per sollevarla, non superi il di lei peso, allora ella rimane *sospesa* nell' acqua, senza nè galleggiare, nè esservi tutta immersa.

Ma se aumentate un poco più la pressione sulla vescica, una maggior quantità di acqua penetrerà nella bolla, il diavoletto, divenuto più pesante, supererà la spinta che dal basso all' alto gli dà l' acqua, sposterà un volume di liquido che in peso sia eguale al suo proprio, e precipiterà in fondo alla boccia.

E se finalmente fate cessare la pressione, sollevando il pollice, l'aria della bolla si dilata, ne scaccia

l'eccesso d'acqua che vi era penetrata, e il diavoletto, divenuto più leggiero, è superato dalla spinta dell'acqua e torna di nuovo a galleggiare.

62. **Vescica natatoria dei pesci.** — In moltissime specie di pesci succedono effetti analoghi a quelli del diavoletto di Cartesio, mediante una vescichetta piena d'aria che hanno nell'interno del loro corpo, e che i naturalisti chiamano *vescica natatoria*, perchè modifica in essi il movimento del nuoto. Il pesce comprimendola o dilatandola mediante uno sforzo muscolare, fa variare il volume del proprio corpo, e produce effetti analoghi a quelli che abbiamo osservato nel diavoletto di Cartesio; cioè si abbassa e s'innalza a volontà nel seno delle acque.

63. **Il nuoto eseguito dagli uomini e dai quadrupedi.** — Il nostro corpo è generalmente più leggero di un egual volume d'acqua, e però può galleggiarvi naturalmente, perchè vinto dalla spinta del liquido.

Ma la difficoltà di nuotare non consiste nel mantenersi alla superficie dell'acqua, bensì nel poter tenere la testa fuori del liquido, onde respirare liberamente. Ora siccome la testa dell'uomo pesa molto più in confronto alle membra inferiori, così ella tende sempre a sommergersi. Questa sola ragione fa sì che il nuoto sia per noi un'arte che dobbiamo apprendere, e che non possiamo eseguire senza coltivarla. Al contrario nei quadrupedi la testa essendo meno pesante in confronto alle loro membra inferiori, può rimanere fuori dell'acqua senza grande sforzo; e perciò questi animali nuotano tutti naturalmente.

La ragione che mi ha mosso a parlarvi, miei cari giovinetti, delle teorie sui corpi galleggianti, prima di

venire a trattare dei palloni volanti, è stata questa; che lo stesso principio di Archimede verificandosi ancora sui corpi immersi nell'aria, ne risulta che si può applicare parola per parola e indistintamente ai corpi immersi nei liquidi, come a quelli immersi nell'atmosfera. E diremo:

1° Quando un corpo è più pesante dell'aria, cade, perchè il suo peso supera la spinta che gli dà l'aria per sostenerlo, e sposta un volume d'aria, che in peso eguaglia il suo proprio.

2° Se il corpo è della medesima densità dell'aria, allora il suo peso e la spinta che riceve si fanno equilibrio, ed il corpo si sostiene e galleggia nell'atmosfera.

3° Finalmente se il corpo è meno denso dell'aria, prevale la spinta, ed il corpo si eleva nell'atmosfera fin dove incontra degli strati d'aria di densità eguale alla sua. Questa la causa per cui il fumo, i vapori, le nuvole e gli aerostati si elevano nell'atmosfera.

64. **Aerostati, e loro scoperta.** — Gli *Aerostati* o *Palloni volanti* sono globi di stoffa leggera e ricoperta di una sostanza che non lascia adito all'aria, voglio dire che l'aria non filtra attraverso il suo tessuto, e perciò è detta *impermeabile.* Si riempiono d'aria calda o di gas idrogeno, il quale essendo più leggero dell'aria, fa galleggiare il pallone nell'atmosfera.

L'invenzione di questi apparati rimonta al 1783, e devesi ai fratelli Giuseppe e Stefano Montgolfier, fabbricatori di carta nella piccola città di Annonay, ove successe la prima prova il 5 giugno di quell'anno, con un pallone di tela ricoperto di carta e del peso di 500 libbre. Fu gonfiato con aria calda abbruciandovi al di sotto dell'apertura paglia bagnata, carta e lana, come facciamo anche attualmente per gonfiare i piccoli pal-

loni di carta; i quali elevandosi nell' atmosfera, servono di puro divertimento.

Charles, professore di fisica a Parigi, sostituì il gas idrogeno all' aria calda, e il 27 agosto del 1783 fu innalzato al campo di Marte un pallone così gonfiato. Fatta l' applicazione del gas idrogeno, furono chiamati *aerostati* i palloni gonfiati con questo, e *mongolfiere* gli altri gonfiati ad aria calda.

In seguito si fecero molte ascensioni con aerostati guidati da uomini scenziati che si elevarono nelle altissime regioni dell' atmosfera per farvi esperienze che dovevano giovar molto alla fisica. Fra questi il celebre fisico Gay-Lussac si elevò nel 1804 all' altezza di 7016 metri al di sopra del livello del mare. In quelle alte regioni la secchezza dell'atmosfera, egli disse, era tale che la carta e la cartapecora si essiccavano e si contorcevano, come se fossero state vicine al fuoco; che la respirazione e circolazione del sangue erano così accelerate per la grande rarefazione dell' aria, che il suo polso dava 120 pulsazioni in un minuto, mentre ne dava di consueto 66 sulla superficie della terra. Quella però del Gay-Lussac non fu la maggiore altezza a cui sieno giunti gli aeronauti; poichè l' astronomo Brioschi coll' Andreoli si elevarono da Padova nel 1808 ad una altezza di 8240 metri, ove il cielo prende una tinta turchina cupa, volgente al nero; ed un silenzio assoluto e solenne circonda l' aeronauta, che lungi dai romori della terra, sta sospeso nell' atmosfera.

65. **Costruzione, gonfiamento ed ascensione degli aerostati.** — L' inviluppo degli aerostati è formato di lunghi spicchi di taffettà, uniti insieme e coperti d' una vernice di gomma elastica che rende impermeabile il tessuto. Alla sommità del pallone avvi

una valvola che sta ben chiusa, ma che l' aeronauta può aprire a sua volontà mediante una funicella. Al di sotto del pallone pende una leggera navicella o una cesta di vimini, sostenuta da una rete di corda che avvolge tutto il pallone (fig. 43). In questa cesta, o navicella che sia, entra l' aeronauta, o guidatore del pallone nelle regioni dell' aria, e le persone che vogliono fare l' ascensione aerostatica.

I palloni più comunemente si gonfiano col gas idrogeno che serve all' illuminazione delle strade, il quale si guida dal gasometro (ch' è il luogo ove il gas si prepara) entro al pallone mediante un condotto di tela ingommata. Di mano in mano che il gas entra nel pallone, questo si gonfia e gonfiandosi comincia a sollevarsi da terra. Allora parecchi uomini lo ritengono per mezzo di funi, e si oppongono alla sua forza di ascensione, fintantochè non siasi gonfiato a quel grado che si stima necessario. L' aeronauta si colloca infine nella sua navicella, ad un segnale gli uomini abbandonano le corde, e il pallone si alza con una velocità tanto maggiore, quanto più leggero egli è relativamente all' aria che sposta per elevarsi. Continua ad alzarsi fintantochè la spinta che l' aria gli dà dal basso all'alto,

Fig. 43.

supera il suo peso; giunto poi il momento in cui la spinta è uguale al peso del pallone, questo cessa di alzarsi nelle regioni superiori dell' atmosfera e si muove in direzione orizzontale, cedendo ai venti che spirano in quel punto al quale sia pervenuto.

Due cose indicano all' aeronauta se sale o se discende o se va orizzontalmente. Una di queste è il barometro, il quale si abbassa se il pallone ascende, e viceversa si alza se il pallone discende nelle regioni più basse dell' atmosfera, ove una quantità maggiore di strati esercitano maggior pressione sul mercurio del pozzetto.

L' altra cosa che avverte l' aeronauta è una lunga banderuola fissata alla navicella; la quale sventola al di sopra di questa, se il pallone abbassa, perchè l'aria la spinge in alto; e sventola al di sotto della navicella, se il pallone si alza per l' effetto contrario dell' aria.

Quando poi l'aeronauta vuol discendere, tira la funicella che apre la valvola collocata nella parte superiore del pallone; l' idrogeno si mescola coll' aria esterna, ed il pallone cala perchè addiviene più pesante per l' aria che vi ha penetrato dentro. Se al contrario la discesa è troppo rapida per eccesso di peso che sia nel pallone, o voglia l' aeronauta risalire per evitare il pericolo di calare in luogo non sicuro, in ambedue i casi egli vuota dei sacchetti di tela pieni di sabbia, che prima di alzarsi da terra collocò in quantità sufficiente nella navicella. E così alleggerito il pallone, ascende di nuovo per discendere in luogo che offra maggiore opportunità. Talvolta gli aeronauti facilitano la discesa anche sospendendo con una lunga corda un' ancora alla navicella, e quella fissata ad un ostacolo qualunque

sulla terra, ritirando a sè la corda, lentamente discendono.

Gli aerostati non ebbero finora applicazioni importanti ed utili, perchè non è ancora in poter dell'uomo il dirigerli, e i molti tentativi che fin ora si sono fatti, fallirono completamente; onde non possiamo per ora risguardarli che come oggetti destinati a divertire la gente collo spettacolo della loro ascensione.

66. **Il paracadute e sua utilità.** — Chiamasi *paracadute* (fig. 44) un apparato formato da una vasta

Fig. 44.

tela circolare, del diametro di circa cinque metri, e che per l'effetto della resistenza dell'aria si distende sotto forma di un ampio ombrello, e cade lentamente

verso la terra. Intorno intorno al suo lembo e ad eguali distanze sono fissate delle corde che sostengono una navicella, o una cesta di vimini, entro la quale si colloca l' aeronauta quando voglia abbandonare il pallone, se per qualche avvenimento non gli sia dato rallentare la velocità della caduta sulla terra. Nel centro del paracadute è un' apertura, come indica l' appresso figura, dalla quale sfugge l' aria compressa per effetto della discesa; mancando, la quale, si produrrebbero delle oscillazioni, le quali comunicandosi alla navicella, potrebbero riescire pericolose.

Questo paracadute sta unito al pallone, ma piegato ed attaccato alla rete da una corda che passa nella gola di una puleggia, ed è fissata alla navicella. Sciolta questa fune, il paracadute abbandona l' aerostato, e nel cadere, la sua tela si allarga a guisa d' ombrello per effetto dell' aria che lo preme dal basso all' alto.

Da quello che abbiamo detto apparisce dunque, miei cari, che i fenomeni aerostatici sono essi pure, come l' ascensione dei liquidi nelle trombe, e il mercurio nel barometro, il resultato e la prova della pressione ed elasticità dell' aria e dei gas.

67. Valore e necessità della pressione atmosferica. — I fisici provata la pressione atmosferica, si occuparono a valutarne il peso; e dopo ripetute esperienze conclusero che la superficie totale del corpo umano in un individuo di statura e grossezza ordinaria, sopporti un peso d' aria maggiore di 30 mila libbre. Parrebbe che una pressione così grande ci dovesse schiacciare; ma il nostro corpo la sostiene per la resistenza che oppongono i fluidi elastici che racchiude. E le nostre membra non sono punto incomodate nei loro movimenti, perchè la pressione atmosferica si esercita

in tutte le direzioni, e noi sopportiamo in tutti i sensi delle pressioni uguali e contrarie che si fanno equilibrio, e sono più atte a reggerci che ad incomodarci. Infatti nei giorni che la pressione atmosferica è più debole noi sentiamo una fiacchezza che manifestiamo col dire, *l'aria è pesante;* ma invece dovremmo dire il contrario, perchè l'aria essendo in stato di rarefazione, esercita sui corpi, come abbiamo già osservato, una minore pressione. Pressione ch'è dunque necessaria alla conservazione nostra e degli animali, cessando la quale, tutti morremmo, perchè i fluidi contenuti nell'interno del nostro corpo, per la loro forza elastica tendendo sempre a dilatarsi, ne distruggerebbero l'organismo tosto che non trovassero più equilibrio nella pressione atmosferica. E di questo ne suggeriscono una prova gli aeronauti, ai quali dolgono assai gli occhi, gli orecchi ed il petto, se col pallone sono rapidamente ascesi ad una grande altezza, ove resta assaissimo alterato l'equilibrio atmosferico sul loro corpo. Infatti il Gay-Lussac, tornato in terra, narrò che, asceso col suo pallone a quella grande altezza, a fatica vi poteva respirare, e che dai pori della sua pelle spiccava fuori il sangue non senza acuto dolore. Ma contuttociò potè tanto in lui, miei cari, l'amor della scienza, che, affidato all'aerostato, si tenne in quelle altissime regioni atmosferiche fintantochè non vi ebbe fatte le osservazioni che voleva, senza lasciarsi vincere nè dal forte patire, nè dal timor della morte che pur lo avrebbe potuto colpire. Ma quella vita sì preziosa mercè di Dio fu salva, e la celebrità del suo nome rimarrà indelebile nella mente degli uomini.

TRATTENIMENTO VII.

CONTINUA DELL' ARIA ATMOSFERICA

SOMMARIO

L' aria discioglie l'acqua e la ritiene. — L'aria calda contiene più acqua della fredda. — La causa più ordinaria del tempo sereno e nuvoloso. — Composizione dell' aria atmosferica. — Proprietà dell'ossigeno. — Proprietà dell'azoto. — Acido carbonico, sue proprietà e abbondanza nella natura. — Donde la tenue proporzione dell' acido carbonico nell' atmosfera. — Applicazioni utili dell' acido carbonico. — Tromba di compressione.

68. **L' aria discioglie l'acqua e la ritiene.** — L' aria oltre alle proprietà già enumerate, ha quella pure di *sciogliere* o *disciogliere* l' acqua. Per farci un idea di ciò che s' intende sotto questo nome di *dissoluzione* o scioglimento, consideriamolo in quei corpi nei quali è più evidente.

Gettando nell' acqua del sale da cucina o dello zucchero, noi lo vediamo a poco a poco diminuire, in fine disparire affatto. Ma non diciamo per questo che il sale non vi esista ancora; vi esiste, ma essendo disciolto nell' acqua, è divenuto invisibile, ed ha preso la forma e l' apparenza dell' acqua, alla quale sta unito.

In pari modo succede che l'aria toccando la superficie della terra occupata dall' acqua, discioglie questa e la ritiene a sè unita senza che noi possiamo vederla. E ciò molti fatti evidentemente ci dimostrano. Vi sono, per es., delle materie le quali avendo molta disposizione ad unirsi coll' acqua, tolgono all' aria quella ch' essa contiene, di secche che erano, addiven-

gono umide, bagnate e talvolta anche interamente disciolte o trasformate in un liquido che sembra acqua. Il sale comune è nel numero di questi corpi; e infatti nelle giornate umide e piovose d'inverno lo avrete più volte veduto molto umido.

69. **L' aria calda contiene più acqua della fredda.** — Generalmente parlando l'aria calda contiene più acqua, l'aria fredda meno. Però l'aria divenendo più calda, discioglie maggior quantità d'acqua, come divenendo più fredda, abbandona una parte di quella che riteneva. Per questa ragione se l'aria esterna è più fredda dell'aria interna delle case, questa si raffredda e deposita ai cristalli delle finestre quell'eccesso d'acqua che pel raffreddamento più non può ritenere disciolta. Quando poi soffia scirocco, (vento che spira da climi meridionali) ed essendo l'aria esterna comunemente più calda dell'interna delle case, i cristalli si appannano all'esterno.

70. **La causa più ordinaria del tempo sereno e nuvoloso.** — Ciò premesso, vi sarà facile rendervi ragione, miei cari giovinetti, della causa più ordinaria del tempo sereno e del tempo nuvoloso; dico causa più ordinaria, perchè ve ne possono essere altre che più o meno influiscano in certe circostanze.

Questa causa dunque è il riscaldamento o il raffreddamento che provano grandi masse d'aria, specialmente passando da un luogo ad un altro. Voi sapete esservi dei paesi più caldi e dei paesi più freddi, e che la superficie della terra viene perciò divisa in zone o climi freddi, in climi temperati e in climi caldi. E sebbene nella estesa superficie della terra queste differenze sieno graduate, ed insensibili a piccole distanze, pure per maggior facilità supponiamo che una linea

divida un clima caldo da un clima freddo, che sul clima caldo posi una gran massa d'aria calda che tiene disciolta molt' acqua, e che sul clima freddo posi una gran massa d'aria fredda che ne tiene molta meno. Ora cosa accadrà se le cause che danno origine ai venti spingono la massa dell' aria calda verso il clima freddo, o la massa dell' aria fredda verso il clima caldo?

Nel primo caso l'aria raffreddandosi per il suo passaggio in clima freddo, non potrà ritenere più tutta quell' acqua che riteneva quando era più calda, e però ne abbandonerà una parte che si convertirà in vapori, in nuvoli, in pioggia. Se poi domini un vento opposto, l'aria fredda, riscaldandosi per il suo passaggio nel clima caldo, non solo seguiterà a ritenere quell' acqua che aveva disciolta, ma diverrà capace di sciogliern una maggior quantità, e però la toglierà ai corpi umidi che incontrerà asciugandoli più o meno prontamente. Difatti ciò accade quando domina il tramontano, vento che viene da climi più freddi del nostro, e spirando il quale, si vedono sparire le nuvole ed asciugarsi prontamente le strade e tutti i corpi bagnati. Quando poi soffia scirocco, si formano o si addensano i nuvoli, si forma e cade la pioggia, e talvolta si vedono le strade, i muri e tutto bagnarsi anche senza la caduta effettiva dell' acqua.

71. Composizione dell' aria atmosferica. — Le proprietà che fin qui abbiamo considerato nell'aria dipendono semplicemente dalla sua natura materiale e dalla sua forma aerea; però le medesime proprietà si trovano più o meno in altri gas, o altre specie d'aria. Anzi la stess' aria atmosferica altro non è che un mescuglio di due gas o di due diverse specie d' aria.

Fino al 1774 fu da tutti creduto che il fluido atmosferico fosse un corpo semplice; e come tale l'annoverarono tra gli elementi della natura. Ma Lavoisier, forse il più celebre chimico della Francia, avendo inventato il modo di decomporlo lo analizzò e scopri essere essenzialmente composto di due gas, ai quali fu dato il nome di *ossigeno* e di *azoto*. L'ossigeno vi entra per $^1/_5$ scarso, l'azoto per $^4/_5$ scarsi e la piccola parte che manca per compiere i cinque quinti è fornita da un altro gas chiamato *acido carbonico*: *acido* perchè ha le proprietà degli acidi, come sarebbe di alterare alcuni colori (1); *carbonico*, perchè si compone essenzialmente di un corpo semplice, detto *carbonio*.

Tale la composizione chimica dell'aria, che per le esperienze di Lavoisier si fece manifesta all'uman genere. Verremo ora a conoscere le proprietà che hanno i tre corpi dei quali essa si compone.

72. **Proprietà dell'ossigeno.** — Tra le proprietà dell'ossigeno è principale quella di favorire la respirazione nostra e degli animali; e dove scarso sia questo gas, penosa è la respirazione; dove manchi, produce la morte. E siccome il fenomeno della respirazione ha dell'analogia con quello della combustione; così dove noi respiriamo, ardono i lumi e le sostanze combustibili; e dove non ci è possibile respirare, i lumi, il carbone ardente e tutte le sostanze combustibili si spengono. L'ossigeno ha pure la proprietà di guastare i colori dei tessuti di qualunque materia, molti dei quali vediamo avere bei colori da nuovi, e

(1) L'agro di limone, come acido, fa diventare rossastri, i tessnti di color turchino, e versato sul marmo ne guasta e ne corrode la superficie.

prenderne dei bruttissimi e guasti, quanto più stanno esposti all'azione di questo gas; come pure deriva dalle sue proprietà il perdere che fanno ogni lucentezza le dorature dei metalli, dei legni e di altre cose simili.

Prima di venir a parlare dell'azoto, voglio dirvi miei cari, di alcuni fenomeni che frequentemente succedono fra noi, e che si spiegano mediante l'azione dell'ossigeno. L'ossigeno essendo più abbondante nelle giornate serene, che quando vuol piovere, sentiamo maggior forza e più ilarità nello spirito. All'avvicinarsi della pioggia i cani ed i gatti perdono la loro vivacità, e le pecore si sdraiano sul suolo, cessando di pascolare, perchè allora l'ossigeno dell'aria diminuisce, e fa in essi provare una stanchezza che non sentono nelle giornate serene. Come pure i cavalli nitriscono, i bovi mugghiano nelle stalle, le pecore belano negli ovili, gli asini ragliano più del solito, i corvi crocidano, e le cornacchie gracchiano nelle valli, le rane gracidano nel pantano, i gufi gridano sugli alberi o nelle buche di antiche torri, i pavoni urlano, le anatre e le oche si muovono più inquiete del solito e con più frequenza quando vuol piovere, perchè la diminuzione dell'ossigeno e l'umidità dell'aria cagionano in essi un'inquietudine ed un malessere che manifestano e colla voce ad essi propria e con insoliti movimenti.

Così pure avrete forse osservato che quando vuol piovere la fiaccola dei lumi si fa pallida e fioca. Ciò avviene perchè l'umidità dell'aria diminuisce il calore della fiamma, la quale non può riscaldare quanto occorre la gran quantità di un gas, detto carbonio, che si sviluppa nella combustione; e perciò lo splendore del lume non è vivace secondo il solito. Così potrebbesi dire di alcuni altri fenomeni, la spiegazione

dei quali è assai ragionevole colle proprietà dell'ossigeno.

73. **Proprietà dell' azoto.** — La parola *azoto* in greco significa *non vitale*, ed è infatti un gas che per se solo è incapace di servire alla respirazione, e di far vivere gli animali; e noi com' essi morremmo se lo respirassimo non mescolato all' ossigeno; come in breve tempo verrebbe logorata la nostra vita, se respirassimo ossigeno puro, perchè è troppo respirabile. Da ciò nasce che la troppa energia del gas ossigeno vien temperata dall' azoto; e per le sagge disposizioni del Creatore, trovandosi questi due corpi mescolati insieme nelle proporzioni sopra dette, le proprietà dell'uno vengono modificate dalle proprietà dell' altro, e ne deriva il mescuglio atmosferico ch' è atto e proprio alla conservazione di tutti i corpi animati della terra.

Altre sostanze ancora ingombrano l' atmosfera, e diverse dai due elementi che la compongono; e sono il vapore aqueo, i vapori provenienti da molte sostanze che si decompongono a superficie della terra, e che alterano più o meno la purezza dell' aria, senza però cambiarne la natura. E da tali evaporazioni appunto deriva la mal aria che domina sopra alcune basse pianure del globo, occupate da acque stagnanti, le quali riscaldate dai raggi del sole, e corrotte dalle materie che vi stanno immerse, mandano esalazioni nocive alla salute e alla vita di chi la respira. Tal' è, per es., la mal aria che domina la nostra maremma toscana e quella romana in estate.

74. **Acido carbonico, sue proprietà e abbondanza nella natura.** — Il gas acido carbonico, come abbiamo osservato, entra esso pure, sebbene in picciolissima dose, nella composizione dell' aria. Que-

sto non è un elemento o corpo semplice, come l'ossigeno e l'azoto, ma un corpo composto di ossigeno e di un altro gas detto *carbonio*.

L'acido carbonico, come l'azoto, estingue i corpi in combustione, e per conseguenza non è atto alla respirazione degli uomini e degli animali; anzi gli uccide con prontezza anche maggiore che non fa l'azoto medesimo. Per la qual cosa veniva anticamente chiamato *aria letale*, *aria mefitica*, *soffio mortifero* ec. È più pesante dell'aria, mentre l'azoto n'è più leggero, ha un sapore agretto, e lo comunica pure ai liquidi nei quali si trovi disciolto.

In grande abbondanza trovasi sparso sulla terra; imperocchè, combinato alla calcina, forma in gran parte la sostanza solida del globo, dando l'essere a molti marmi, a molte pietre e ad altre sostanze ancora, che dal contenere calcina, sono dette *calcaree*. Si produce acido carbonico tutte le volte che facciamo ardere carbone, legna, olio, cera, sego ec.; si svolge dal corpo nostro e degli animali, durante la digestione degli alimenti mangiati; una gran quantità ne lanciano nell'atmosfera i vulcani, tutte le acque ne tengono disciolto in maggiore o minor quantità; e quelle che ne ritengono in abbondanza hanno un sapore agretto, e la proprietà di spumeggiare, per cui sono comunemente dette *acque gasose*. Vi sono poi dei luoghi dai quali si svolge questo gas in così grande abbondanza, e l'atmosfera all'intorno ne è talmente ingombrata, che sono colpiti di morte gli animali che, di là passando, la respirano. Tal'è la così detta *fontana avvelenata* dell'Alvernia in Francia; ch'è un'apertura formatasi naturalmente nel terreno, da cui scaturisce sempre una gran quantità di acido carbonico. La vegetazione delle

piante vi è bellissima all'intorno, dalla quale allettati gli uccelli, gl'insetti ed altri animali, ve ne muoiono in tal quantità, che i loro carcami si vedono sparsi per tutto il suolo all'intorno. Così la *Valle dei morti* a Giava (isola dell'Oceania appartenente agli Olandesi) è coperta di scheletri d'uomini e di animali che vi caddero estinti; le folte boscaglie parimente di Giava e dell'Indostan sono sparse di cadaveri, per la gran quantità di acido carbonico, il quale sviluppandosi dalle piante putrefatte, nè potendo il vento penetrarvi pei folti e grandi alberi, costantemente vi rimane ad infettarne l'atmosfera.

Noi pure abbiamo in Italia di queste sorgenti di acido carbonico; tra le quali sono di antichissima fama il lago Averno, e la Grotta del cane presso Pozzuoli e sulla riva del lago d'Agnano. È chiamata Grotta del cane perchè gli abitanti di quella regione per far vedere l'azione mortifera di questo gas, menano nella grotta un cane, il quale cade subito come morto, e non tarderebbe a morire davvero, se non venisse subito trasportato all'aria libera e respirabile. Ivi possono trattenersi gli uomini senza pericolo di morire, perchè gli strati del gas, essendo più pesanti dell'aria, appena si elevano all'altezza delle nostre ginocchia. E il lago Averno, che Virgilio dice essere l'ingresso dell'inferno, ha la forma di un pozzo profondo, dal quale usciva un tempo una gran quantità di acido carbonico, funesto agli uccelli che sulle rive di quel lago venivano a cercare alimento. Ora però non esalano da quel luogo che pochissimi vapori mefitici.

Attesa dunque l'azione mortifera di questo gas, che non può servire alla respirazione, è necessario di esser molto cauti nell'entrare in quei luoghi, ove abbiasi

sospetto che vi sia in gran quantità, onde non cadere *asfissiati*, ovvero privi di respiro e di movimento. Non dobbiamo riunirci in molti entro piccole stanze chiuse con fuoco e lumi accesi, perchè la respirazione di tutti consuma l'ossigeno e svolge acido carbonico; non dobbiamo entrare senza cautela nei recipienti, ove fermenta la birra o il vino, perchè si svolge molto di questo gas; e per sistema in qualunque luogo, se non si abbia la certezza esservi aria respirabile, certezza che noi possiamo ottenere facendoci precedere da fiaccole accese, spengendosi le quali, è segno certo non esservi aria respirabile.

Per la soverchia dose di acido carbonico che sta mescolato all'aria delle stanze, ove sieno riunite molte persone con fuoco e lumi, noi proviamo dolori alla testa, perchè questo gas ha un'azione nociva sui nervi e sul cervello. Per esso, per le emanazioni infette, provenienti dalla traspirazione, e per la temperatura troppo elevata dell'aria, succede talvolta che alcune persone si svengono là dove sia raccolta molta gente, e dove l'aria non possa cambiarsi con facilità. E nelle persone che perciò cadono asfissiate, la respirazione viene impedita da una violenta soffocazione, il loro volto diventa purpureo, e le loro membra provano un indebolimento invincibile. Vi ha pure pericolo di asfissia entrando in un luogo rinchiuso con entro un abbondante deposito di letame, o di qualunque sostanza animale in stato di fermentazione, perchè mentre questa succede, si sviluppa un eccesso di acido carbonico. Vi ha pericolo di asfissia accendendo brace o carbone entro una camera ove si debba dormire, perchè il carbonio della brace o del carbone ardente combinandosi coll'ossigeno dell'aria contenuta nella camera, lo converte in acido carbonico. Nè avvi

allora altro mezzo per salvare gli asfissiati, che portarli subito fuori della stanza, e far loro respirare aria aperta, aspergerli di acqua fresca, dar loro a bevere acqua leggermente acidulata con agro di limone o con aceto, solleticarne le narici internamente colla barba d'una penna, introdurre dell'aria nei polmoni per mezzo di un soffietto o altro strumento simile, introducendone la cannula in una narice e tenendo l'altra ben serrata colla mano, intanto che si starà attendendo l'arrivo del medico.

Per evitare l'asfissia negli operai che debbono entrare in qualunque luogo sotterraneo, ove non sia aria respirabile, gioverà gettarvi precedentemente della calcina viva, o di un sale detto ammoniaco disciolto nell'acqua, o di altre sostanze dette potassa e soda preparate colla calcina; perchè queste sostanze o si combinano coll'acido carbonico o lo assorbono, e vi riducono insomma un'aria respirabile. E dirò finalmente che per evitare simili disastri nelle miniere, entro cui stanno continuamente tanti operai, si scavano come due gole di pozzo, che dal fondo della miniera arrivano fino alla superficie del suolo, e situate in modo che l'aria che scende da una di esse attraversi in tutti i sensi la miniera prima di uscire dall'altra. E per mandarne più facilmente fuori l'aria cattiva, accendono un gran fuoco in uno dei due pozzi, e così l'aria rarefatta sale, e nel salire produce un'attrazione che porta via col fumo tutti i vapori maligni.

75. **Donde la tenue proporzione dell'acido carbonico nell'atmosfera.** — Conosciute le tante cause che forniscono continuamente all'atmosfera una grand'abbondanza di questo gas mortifero, sorge di leggeri la curiosità di saper le ragioni per cui esso si

mantien sempre nell'atmosfera in sì tenuissima dose. Queste ragioni, investigate dai dotti, le rinvennero essi nelle piante; imperocchè il Creatore, volendo salvare la nostra vita dall'azione mortifera di questo gas, ha dato alle piante la proprietà di assorbire dall'atmosfera l'acido carbonico, di decomporlo, di ritenere il carbonio ch'è necessario alla loro vegetazione, e di rendere all'atmosfera l'ossigeno. E così l'atmosfera non solo non viene mai alterata per eccesso di acido carbonico, ma neppure diminuisce e si consuma la dose di ossigeno necessaria a formare il mescuglio atmosferico in quelle proporzioni che alla nostra vita convengono. Maravigliosa disposizione, mercè la quale i vegetabili riproducono incessantemente le materie necessarie per alimentar gli animali; e gli animali esalano nell'atmosfera il gas necessario all'esistenza e alla floridezza dei vegetabili.

76. **Applicazioni utili dell'acido carbonico.** — Ma questo gas quantunque uccida chi lo respiri in quantità, pure, avendo il modo di ottenerlo nella quantità che si vuole, l'industria umana è pervenuta a farne alcune utili applicazioni, disciogliendolo cioè nell'acqua e formandone artificialmente delle acque gasose. Dico artificialmente, perchè quelle di Seltz, di Spa, di Cinciano e molte altre sgorgano naturalmente dalla terra già saturate di acido carbonico; e che la medicina prescrive salutarmente in alcune infermità.

77. **Tromba di compressione.** — La macchina di compressione che io già vi descrissi, ha poche applicazioni; al contrario ella è di uso frequente sotto la forma di *tromba di compressione.*

Questa è una vera tromba premente, e si compone semplicemente di un corpo di tromba A (fig. 45)

nel quale si fa muovere a mano, mediante un' impugnatura B, uno stantuffo senza valvola. Il corpo di tromba termina con una vite mediante la quale vien fissato sopra un recipiente C, pieno del liquido nel quale vogliamo comprimere l' acido carbonico o qual altro gas. In questa pure, come nella macchina di compressione, sono due valvole interne, una alla base del corpo di tromba in D, e l' altra in E nel tubo laterale M, ov'è la chiavetta O che si apre prima di mettere in moto lo stantuffo. Questo tubo laterale colla sua estremità H pesca in un serbatoio pieno dell' acido carbonico che vogliamo introdurre, comprimere e discioglierе nel liquido del recipiente C. Alzando lo stantuffo, si apre la valvola E del tubo laterale, la quale dà adito al gas; abbassando lo stantuffo, questa valvola si chiude per la pressione che riceve il gas dallo stantuffo, e si apre l'altra nel punto D alla base del corpo di tromba. Per quest' apertura penetra il gas e si discioglie nel liquido del recipiente, di dove si fa scaturire girando la chiavetta R. Si ripetono i colpi di stantuffo finchè la forza espansiva dell' acido carbonico disciolto nel liquido, preme con tanta forza la valvola D, che la pressione dello stantuffo non vale a superarla.

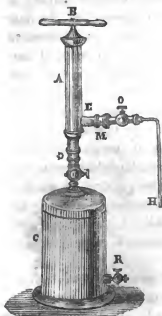



Fig. 45.

Mediante analoghi apparati si fabbricano tutte le acque gasose che l'industria diffonde nel commercio, e che si custodiscono dentro bocce ermeticamente turate, da un turacciolo di sughero introdottovi a forza e legato al collo delle bocce medesime, perchè diversamente la forza espansiva del gas lo lancerebbe per aria, e il liquido si disperderebbe. Il che nondimeno succede tutte le volte che la forza del gas, superata la consistenza del cristallo, fa scoppiare le bocce entro le quali è rinchiuso.

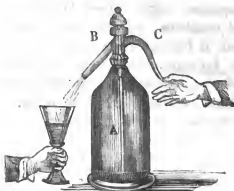



Fig. 46.

Voi avrete da qualche tempo veduto certe bocce di cristallo pressochè simili alla figura 46. Sono esse destinate a contener limonate o altre bevande gasose, col vantaggio di potervele attingere in più volte e nella dose che vogliamo, senza che la porzione rimastavi perda il gas carbonico che tiene in sè disciolto. Ecco quale n'è l'apparato.

Un tubo di cristallo A sta verticalmente immerso nel liquido, e dal fondo della boccia arriva coll'estremità superiore fino all'orifizio interno del canaletto B ch'è di metallo. Un bocciolo del medesimo metallo chiude ermeticamente l'imboccatura della boccia. In un punto di esso è adattata una leva C, ch'è mobile dall' alto in basso. Quando questa rimane naturalmente discosta, dal collo della boccia, mediante una

molla posta nell' interno del meccanismo, fa da valvola e chiude ermeticamente l' orifizio interno del canaletto B. Abbassando poi questa leva col forzare la molla che la comprime, come indica la figura, si apre l' orifizio del canaletto, ed allora ne scaturisce fuori con impeto il liquido gasoso, che si riceve in un bicchiere. Lo sgorgo impetuoso del liquido succede, perchè dentro la boccia sta imprigionata una gran quantità di gas carbonico, il quale comprimendo fortemente il liquido, lo obbliga a salire entro il tubo di cristallo e scaturirne fuori per l'orifizio del canaletto metallico B. In conclusione, il tubo di cristallo fa la funzione medesima del sifone, mediante il quale si travasa il vino dai barili nei fiaschi. Il vino del barile entra nel sifone per effetto della pressione atmosferica; e l' acqua gasosa di queste bocce entra nel tubo di cristallo per effetto della pressione del gas acido carbonico.

In queste bocce poi viene compresso il gas dalle trombe di compressione nei laboratorii ove queste bevande si preparano, e delle quali fassi gran consumo in estate da coloro che credono trarne utile alla loro salute; ma che io riguardo come incitamento a fare spender danaro da chi per suo danno poco ne apprezza il valore e l' importanza.

TRATTENIMENTO VIII.

CONTINUA DELL' ARIA — IL SUONO.

SOMMARIO

Suono e romore. — Causa del suono. — Il suono non si propaga nel vuoto. — Il suono si propaga in tutti i corpi elastici. — Modo di propagazione del suono nell' aria. — Causa onde varia l' intensità del suono. — Strumenti a corde. — Strumenti a fiato. — Tubi parlanti. — Velocità del suono nell' aria e nei gas. — Velocità del suono nei liquidi e nei solidi. — Riflessione e rifrazione del suono. — Eco. — Risuonanza. — Portavoce. — Corno acustico.

La natura intima dell' aria atmosferica, le proprietà e le applicazioni che si fanno delle sostanze che la compongono furono l' oggetto del quale ci occupammo nel precedente trattenimento. Molto abbiamo detto intorno a questo maraviglioso corpo della creazione, ma tuttora ci rimane a dire. Tanti sono i fenomeni che per esso succedono. Tra questi avvi pure il suono, il quale ordinariamente si propaga per mezzo dell' aria. Dico ordinariamente perchè i gas, i vapori, i liquidi ed i solidi pure trasmettono il suono. C' interterremo dunque a parlare di questo fenomeno, alla cui effettuazione concorre manifestamente l' aria atmosferica.

78. **Suono e romore.** — I fisici definiscono il suono; *una sensazione particolare eccitata nell' organo dell' udito dal movimento vibratorio dei corpi, allorchè questo movimento può esser trasmesso all' orecchio mercè l' aiuto o dell' aria o di altro corpo atto a trasmetterlo.*

Si è cercato di stabilire una differenza fra il suono e il romore, come sarebbe quello del cannone, del

tuono, delle onde ec; ma questa differenza non credesi che sia stata da alcuno ancora ben contrassegnata, per quanto si dice che vi sieno orecchi così bene organizzati, da determinare il valor musicale del romore prodotto da una carrozza che ruota sul lastrico. Ma noi non dobbiamo occuparci di queste sottigliezze scentifiche, e veniamo piuttosto a parlare subito della causa del suono.

79. **Causa del suono.** — Il suono è sempre il resultato di rapide oscillazioni impresse alle molecole dei corpi elastici, quando per l'influenza d'un urto o dello sfregamento, venne turbato l'equilibrio di queste molecole. Esse tendono allora a riprendere la primitiva loro posizione, ma non vi tornano che coll'eseguire al di quà e al di là di questa posizione dei movimenti vibratorii o alternativi rapidissimi, la cui ampiezza presto decresce. Infatti tenendo fasciata col palmo di una mano la superficie di un campanello, questo non manda più suono, o ne manda uno ch'è grandemente diverso e più debole di quello che emana, tenendolo soltanto pel manico. E ciò perchè la pressione della mano impedisce alle molecole del metallo le vibrazioni che fanno, appena vengono colpite dal battaglio. Come pure si fa spiacevole il suono di una campana fessa, perchè ella produce delle vibrazioni che fra loro si urtano e si confondono per modo che non arrivano all'orecchio che irregolari e confuse.

Chiamasi *corpo sonoro* quello che produce un suono, e *oscillazione* o *vibrazione semplice* il movimento che comprende solamente un'*andata* od un *ritorno* delle molecole vibranti; una *vibrazione doppia o completa* comprende l'*andata* ed il *ritorno*. Coll'esperienza si contano facilmente le vibrazioni, gettando cioè della

polvere leggera sopra un corpo nell' atto che produce un suono; gettandola per es., sulla pelle di un tamburo, noi vedremmo subito questa polvere muoversi rapidamente dall' alto in basso, e rendere ben visibili le vibrazioni che si producono sopra di essa; come pure pizzicando una corda di violino, le sue vibrazioni o movimenti al di quà e al di là sono benissimo vedute per tutto il tempo che la corda continuerà ad emanare il suono.

80. **Il suono non si propaga nel vuoto.** — È ormai cosa fuor di dubbio che le vibrazioni dei corpi elastici non producono in noi la sensazione del suono, se fra il corpo sonoro e i nostri orecchi non sia interposto, come dicono i fisici, un *mezzo ponderabile.* Con questa espressione intendono significare ordinariamente l' aria, ma poi ancora i gas, i vapori, i liquidi ed i solidi, i quali, come sapete, sono corpi ponderabili, e perciò atti a trasmettere la sensazione del suono ai nostri orecchi.

Per dimostrare questa verità, si suol fare dai maestri di Fisica una curiosa esperienza, che consiste nel collocare sotto la campana di una macchina pneumatica una soneria d' orologio, come l' indica l'appresso figura 47. Finchè la campana è piena d'aria il suono si sente distintamente; ma di mano in mano che la macchina pneumatica n'estrae il fluido atmosferico, il suono perde d' intensità, nè più lo sentiamo, quantunque il martellino M continui a battere sulla campanina C, appena che sia fatto il vuoto, ovvero sia estratta

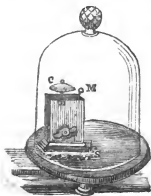



Fig. 47.

tutta l'aria dal di dentro della campana pneumatica. Allora il suono più non si propaga ai nostri orecchi, quantunque li teniamo sulla campana medesima. E siccome i pezzi metallici che formano questa soneria potrebbero trasmettere le loro vibrazioni al piatto della macchina pneumatica, e questo all' aria esterna, così usano collocare la soneria sopra uno strato di cotone S, come lo indica la figura. E ciò perchè il cotone è composto di particelle non riunite, come sarebbero pure la lana in bioccoli, la segatura di legno ec., le quali sostanze anzichè propagare le onde sonore, le amortizzano.

81. **Il suono si propaga in tutti i corpi elastici.** — È cosa a tutti evidente che certe sostanze sono sonore, e che altre non danno alcun suono. Investigata la causa di questo fenomeno, fu riconosciuto che sonore sono le sostanze dure ed elastiche come il rame, l'argento ec., e che poco o punto lo sono le molli e non elastiche come sarebbe il piombo. I metalli generalmente sono tra i corpi più sonori; infatti le campane che sono un mescuglio di rame, di stagno, di zinco e d' argento, producono nell'aria un movimento vibratorio di tale rapidità, che il loro suono è sentito a grandi distanze.

E tornando sull'esperienza della soneria, in quella pure ravvisiamo esser verissimo che il suono si propaga in tutti i corpi elastici, perchè se dopo aver fatto il vuoto, e verificato che dai movimenti del martellino sulla campanina metallica non si propaga alcun suono alle nostre orecchie, facciamo entrare una piccola quantita d'aria nel recipiente, o v'introduciamo piccola dose d'altro gas o di vapore, giunge tosto ai nostri orecchi una sensazione simile a quella di un suono lontano lontano, ma che si fa sempre più intenso, quanta

più aria o gas facciamo entrare nel recipiente. Finalmente si torna ad udirlo così bene, come innanzi che fosse fatto il vuoto.

Nè soltanto nell'aria, nei gas e nei vapori si propaga il suono, ma ancora nei liquidi. Infatti quando due corpi si urtano sott'acqua, se ne sente l'urto in modo distinto; e siamo assicurati che un individuo che si trovi in fondo all'acqua, per es. di un lago, ode ciò che si dice sulle rive. Come al contrario se egli batte due sassi uno contro l'altro mentre è sott'acqua, chi è sulla riva ne potrà sentire il romore.

Rispetto poi ai solidi, considerati come propagatori del suono, le esperienze ne insegnano che la conducibilità di essi è tale che un romore anco piccolissimo, come sarebbe per es. lo strofinamento di una penna, prodotto all'estremità di un lungo pezzo di legno, si sente all'altra estremità, posta che sia a contatto dell'orecchio. Sappiamo pure che il suolo conduce il suono così bene, che di notte applicando l'orecchio alla terra, possiamo sentire a grandi distanze i passi di un cavallo o qualsivoglia altro romore. Lo scuotersi e il romore che fanno i vetri delle finestre, quando sotto vi passano delle carrozze, nasce dalle vibrazioni che l'aria ed i muri della casa comunicano ai vetri che sono sonori per se stessi. Le battute di un orologio si sentono più se messo sopra una tavola, che quando si tiene in tasca, o si attacca in qualche luogo. Un suono alquanto forte penetra sempre in una stanza comunque sia chiusa. Un colpo dato sul muro, comecchè grosso, si sente sempre dall'altra parte. Una trave anche molto lunga trasmette da un capo all'altro il lieve romore prodotto dallo sfregamento di uno spillo sopra di lei. Un tramezzo propaga il suono, benchè debole, della

voce; il che non succederebbe se dentro al muro, che separa una stanza da un'altra, fosse disposta o segatura di legno o stoppa o cotone, lana o paglia tritata; perchè queste sostanze essendo composte, come abbiamo detto, di particelle non riunite, arrestano le onde sonore, e ne impediscono la propagazione.

82. **Modo di propagazione del suono nell'aria.** — Allorquando le molecole di un corpo sonoro sono messe in vibrazione o per urto o per lo sfregamento, intorno al punto del corpo sonoro, che viene ad essere un centro di scuotimento, si produce nell'aria una serie di onde sferiche concentriche (aventi cioè il medesimo centro) la cui velocità diminuisce, quanto più si scostano dal centro di scuotimento, ch'è il punto da cui esse si muovono; al contrario cresce la loro massa e più grandi si fanno di mano in mano che se ne scostano. Dal che resulta che un suono si ode tanto meno, quanto più lontano da noi è il centro di scuotimento, ovvero il punto di dove si partono le onde sferiche che vengono a percuotere i nostri orecchi, seco portando attraverso l'atmosfera le vibrazioni sonore. Gettate un sasso nell'acqua ferma di una vasca o di un lago, e vedrete che tante onde sferiche celermente si formano intorno al punto ove il sasso ha scosso l'acqua, ed in gran quantità si succedono una all'altra in tanta maggior massa, e tanto più si scostano dal centro di scuotimento, quanto più forte è stata la scossa ricevuta dall'acqua. Ora nelle onde sferiche dell'acqua voi avete un bellissimo esempio che perfettamente vi spiega la formazione delle onde sonore nell'atmosfera. E se più sassi getterete in vari punti di quell'acqua, vedrete ancora prodursi intorno a ciascun centro di scuotimento altrettante onde simili fra

loro, e che si trasmettono le une attraverso o sopra le altre, senza che ne venga indebolita la velocità, e senza che fra loro si oppongano alcun ostacolo.

In pari modo succede delle onde sonore nell'atmosfera che da più centri si muovano e fra loro si sovrappongano; dal che nasce la ragione per la quale noi udiamo più suoni nel medesimo tempo.

83. **Causa onde varia l'intensità del suono.** — Abbiamo detto che la velocità di vibrazione impressa alle molecole, s'indebolisce di mano in mano che si scosta dal centro di scuotimento, e che perciò diminuisce ancora l'intensità del suono.

Però non sono queste sole le cause che indeboliscono o accrescono la forza o l'intensità del suono, ma vi concorre pure la densità dell'aria nel luogo in cui si produce il suono, la direzione dei venti o correnti atmosferiche, ed anche la vicinanza di altri corpi sonori. Infatti una corda di strumento, tesa all'aria libera, non produce che un debole suono, facendola vibrare lungi da qualunque corpo sonoro. Ma se invece la tendiamo sopra una cassa sonora, come nella chitarra, nel violino, nel contrabbasso, ella produce allora un suono pieno ed intenso, perchè la cassa dello strumento e l'aria ch'essa contiene vibrano esse pure insieme alla corda.

Vi ho detto che ad accrescere o indebolire l'intensità del suono vi concorre la densità dell'aria nel luogo in cui si produce il suono. Ciò è tanto vero che oltre all'esempio della suoneria in mezzo ad un'aria rarefatta, le campane e gli orologi lontani si sentono più distintamente nell'inverno, perchè il freddo condensando l'aria, il suono vi è tanto più forte ed intenso che in estate, nella quale esiste per effetto del

7

calorico una rarefazione atmosferica che non è nell'inverno. Nelle regioni polari, ove regna eterno il gelo, una voce umana si sente a grandissima distanza, come ne fanno fede i viaggiatori che si sono arditamente spinti in quelle orride regioni, ove l'aria è molto condensata dal gelo, poco mossa, e la superficie del suolo è indurita dai geli, per cui le onde sonore incontrano pochissimi o lievi ostacoli. Al contrario in cima di un'alta montagna si sentono pochissimo i suoni, perchè l'aria vi è rarefatta, e il suono vi perde della sua intensità.

Che ad accrescere o indebolire l'intensità del suono vi concorra pure la direzione dei venti, è fenomeno che noi tutti osserviamo ogniqualvolta suona una campana mentre spirano uno o più venti forti; chè udiamo quel suono ora vicino vicino, e ora lontano lontano, secondo che la corrente atmosferica porti verso di noi, o da noi allontani le onde sonore prodotte dallo strumento.

84. **Strumenti a corde.** — E poichè siamo entrati a parlare di strumenti musicali, avvertiremo che quanto meno tirate sono le corde del violino, dell'arpa, del contrabbasso, del pianforte e di tutti gli altri strumenti a corde, e tanto più basso è il suono che mandano, perchè le loro vibrazioni sono più lente, cioè a dire troppo lentamente si succedono. Al contrario quanto più rapide sono le vibrazioni delle corde, e tanto più acuto è il suono che mandano. Infatti i violini divengono troppo alti in una sala dove sia molta gente, perchè il vapore emesso dalla respirazione delle persone s'infiltra nelle fibre delle corde, le ingrossa, le fa diventar più corte, e ne aumenta per modo la tensione, che non rare volte si strappano.

La grossezza e l'acutezza poi del suono negli strumenti a corde derivano dalla grossezza e dalla lunghezza delle corde medesime. Infatti osserverete che per avere i suoni gravi nell'arpa per es. e nel pianforte, si mettono in vibrazione le corde più grosse e più lunghe; e per avere i suoni acuti, si fanno vibrare le corde più corte e più sottili, perchè le vibrazioni di una corda grossa e lunga sono molto più lente che quelle di una corda sottile e corta. E per la medesima ragione i suonatori di violino vanno sempre scorrendo le dita della mano sinistra sul manico dello strumento, e comprimendo ora sopra l'una ora sopra l'altra corda, ne ottengono una rapida successione di suoni gravi ed acuti, e secondo le corde sulle quali strisciano l'archetto, e secondo il punto sul quale comprimono colle dita le corde medesime, limitandone a piacere la porzione che fanno vibrare.

85. **Strumenti a fiato.** — In quanto poi agli strumenti a fiato, i suoni derivano in essi dalle vibrazioni della colonna d'aria contenuta nel loro interno. In tutti l'imboccatura vedrete essere molto piccola, onde l'aria vi penetri con una certa difficoltà e per così dire a sbalzi; e di fatto i suonatori, adattando le labbra all'imboccatura, spingono con forza il fiato dentro lo strumento, e vi condensano l'aria, la quale poi si dilata in virtù della sua elasticità. Ora ne avviene che per questo rapido succedersi di condensazioni e dilatazioni, si stabilisce un continuo movimento vibratorio nell'aria, ed è quello che produce il suono del flauto, del clarinetto, della tromba e d'ogni altro strumento a fiato.

86. **Tubi parlanti.** — È cosa a tutti nota che i tubi hanno la proprietà di portar lontano i suoni. Onde

gl'inglesi i primi utilizzarono questa proprietà, servendosi di certi tubi stretti che chiamano *speaking tubes* e che in nostra lingua suona *tubi parlanti*, per trasmettere gli ordini da una stanza all'altra o da un piano all'altro di case, di grandi alberghi, e di grandi stabilimenti. Essi attraversano le muraglie; e le parole che dice una persona ad una estremità di essi alzando alquanto la voce, sono udite all'estremità opposta da chi vi approssimi l'orecchio. L'uso di questi tubi è ormai generale in Europa, ed avrete veduto essere impiegati talvolta ancora dai nostri muratori, per trasmettere gli ordini dall'alto di una fabbrica ai manuali che sieno sulla strada, ond'esserne provveduti di calcina, di materiali ec.

87. **Velocità del suono nell'aria e nei gas.** — Avendo noi detto che la propagazione delle onde sonore è successiva, ne viene che il suono dovrà trasmettersi da un luogo all'altro in un intervallo di tempo più o meno lungo. Ed è così difatto; per cui facilmente si spiegano certi fenomeni di *acustica*, così chiamata quella parte della Fisica che ha per oggetto lo studio del suono e quello delle vibrazioni dei corpi elastici.

Molti tentativi si fecero per determinare la velocità del suono nell'aria, voglio dire lo spazio che esso percorre in un minuto secondo. Un recente esperimento fu fatto nell'estate del 1822 e di notte. Le due alture situate una a Villejuif e l'altra a Montlhéry presso Parigi furono le stazioni che si scelsero. Sopra ambedue si tirava di 10 in 10 minuti un colpo di cannone. Gli osservatori di Villejuif intesero assai distintamente i 12 colpi tirati a Montlhéry, ma quelli di Montlhéry dei 12 tirati a Villejuif non ne udirono

che 7, e ciò perchè la direzione del vento era contraria. Questa esperienza, come le molte altre precedenti, determinò che il suono percorre in un minuto secondo attraverso l'atmosfera uno spazio di circa 340 metri; il quale spazio è percorso dalla luce, come a suo luogo vedremo, con assai maggior velocità ed in un tempo tanto minore. Ragione per cui il romore del fulmine s'ode soltanto un certo tempo dopo il balenare del lampo, quantunque il romore ed il lampo si producano simultaneamente nella nube; come pure gli osservatori che stavano sopra quelle due alture summentovate, notarono mediante orologi di una gran perfezione, detti *cronometri*, il tempo che scorreva tra l'apparizione della luce al momento dell'esplosione del cannone, e la percezione del suono.

88. **Velocità del suono ne' liquidi e nei solidi.** — I fisici hanno ormai accertato che la velocità del suono nei liquidi è molto maggiore che nell'aria; e i due scenziati svizzeri Colladon e Sturm colle esperienze che fecero sul lago di Ginevra nel 1827, affermarono, che il suono attraverso l'acqua percorre uno spazio di 1435 metri in un minuto secondo; la qual velocità sarebbe più di quattro volte maggiore a quella nell'aria.

Nei solidi poi la velocità del suono è ancora maggiore; poichè dei dotti sperimentatori hanno determinato che sia in questi da 10 a 12 ed anche a 16 volte maggiore che nell'aria.

89. **Riflessione e rifrazione del suono.** — Le onde sonore si dicono *riflesse*, e si dicono *rifratte*. Fintantochè queste non vengono impedite nel loro sviluppo, si propagano, come voi già sapete miei cari, sotto la forma di sfere concentriche; ma allorquando incon-

trano un ostacolo, seguono la legge generale dei corpi elastici, ritornano cioè sopra se stesse, formando delle nuove onde concentriche, che sembrano emanare da un secondo centro situato al di là dell' ostacolo. Questo fenomeno si esprime dicendo, che le onde sonore sono *riflesse*.

Diconsi poi *rifratte* quando, passando da alcuni strati atmosferici di una densità in altri di una densità maggiore, soffrono un cangiamento di direzione, e formano degli angoli, come vedremo succedere della luce e del calorico.

90. **Eco**. — Conosciuto il significato delle espressioni riflessione e rifrazione del suono, verremo miei cari a parlare dell' *Eco*, curioso fenomeno che voi tutti conoscerete nei suoi effetti, ma ignorerete forse le ragioni onde si produce, e le condizioni che si richiedono perchè si produca.

L' eco dunque non è altro che la ripetizione di un suono nell' aria, avvenuta per la riflessione del medesimo contro qualche ostacolo. Infatti le caverne, le grotte, i corridori lunghi e tortuosi, le navate d' un tempio, le rocce, le montagne, le colline, i banchi di ghiaccio, i castelli, le case ec. sono i luoghi più favorevoli alla formazione dell' eco; perchè le onde sonore che non possono traversare le pareti di quelli ostacoli, sono da queste respinte. Vuolsi che i marinari abbiano pure osservato che le vele di un bastimento lontano in mare, allorchè sono molto tese dal vento, formino esse pure un eco.

Perchè siavi eco si richiede che il suono venga riflesso nella direzione dell' osservatore, e che l' ostacolo contro cui esso si riflette, sia ad una distanza non minore di 17 metri. Infatti non è possibile distinguere

un suono dall'altro, se non trascorre almeno un decimo di minuto secondo fra la percezione dei due suoni. Ora essendo la velocità del suono di circa 340 metri per minuto secondo, ne segue che in un decimo di minuto secondo il suono percorre 34 metri che sono un decimo di 340. Per la qual cosa se l'ostacolo riflettente trovasi ad una distanza di 17 metri almeno, ch'è la metà del 34, il suono fra l'andata e il ritorno dovrà percorrere almeno 34 metri. Il tempo trascorso fra il suono diretto ed il suono riflesso sarà quindi un decimo almeno di minuto secondo; i due suoni allora non si confonderranno punto, ed il suono riflesso sarà distintamente inteso.

Ne segue da ciò che parlando ad alta voce davanti a un ostacolo distante 17 metri, la sola ultima sillaba riflessa riesce distinta. L'eco allora si chiama *monosillabo*; e se l'ostacolo si trova ad una distanza di due volte, tre volte 17 metri, l'eco ripeterà due sillabe, tre sillabe, e si chiamerà *bisillabo*, *trisillabo*, e *polisillabo* se di più sillabe. Un bell'eco è per es. nel parco di Woodstock in Inghilterra, il quale ripete fino a 20 sillabe, e un altro a Porciano nel nostro Casentino, che ripete chiaramente fino a 11 sillabe. Forse vi sarà occorso di sentire talvolta un eco che ripete più volte la medesima parola; questo si chiama *eco multiplo*. E ciò accade quando due ostacoli collocati uno di fronte all'altro, come sarebbero due muri paralleli, si rimandano successivamente il suono. Ve ne ha, miei cari, qualcuno che ripete venti e perfino trenta volte il medesimo suono. Leggiamo che in Scozia non molto lungi dalla città di Glascow presso un castello chiamato Rosneath esisteva un eco, ora perduto, che ripeteva perfettamente un'aria suonata con

una tromba; e finita la prima ripetizione, se ne sentiva una seconda, e poi una terza ancora, colla sola differenza nella intensità del suono, il quale diminuito nella seconda ripetizione, lo era ancora più nella terza; ma non però tanto da non distinguerlo benissimo. Questa diminuzione d'intensità avveniva probabilmente o dalle distanze maggiori dei punti, sui quali venivano riflesse le onde sonore, o dalla forza minore colla quale andavano esse a percuotere negli ostacoli successivi.

È pure da osservarsi che per effetto della riflessione del suono una persona che parli o sotto l'arco di un ponte di pietra, o all'angolo di una gran sala fatta a volta, avendo la faccia rivolta o ad una pila del ponte o ad un angolo della sala, la voce si riproduce o presso l'altra pila dell'arco, o all'angolo opposto della sala, per modo che potrà parlare sotto voce, ed essere udito da un'altra persona posta nei punti ove si riproduce il suono, senza che le persone collocate in mezzo all'arco del ponte o alla sala odano le parole che fra loro si scambiano le due persone che parlano.

91. **Risuonanza.** — Abbiamo detto che una delle condizioni necessarie alla formazione dell'eco è la distanza di 17 metri almeno fra la persona che emana il suono e l'ostacolo contro cui esso si riflette. Infatti se la distanza della superficie riflettente è minore, il suono diretto e quello riflesso si confondono. Non è dunque possibile udirli separatamente, ma in tal caso il suono trovasi rafforzato; e questo è il fenomeno che chiamasi *risuonanza*. Voi medesimi lo avrete più volte udito nelle grandi stanze se vuote di mobilia, nelle grandi cantine a volta e nei vasti sotterranei, entro i

quali parlando, sentiamo risuonare la propria voce, ma non sentiamo punto ripetere le parole che diciamo.

92. **Portavoce.** — Il *portavoce* è uno strumento fondato e sulla riflessione del suono, e sulla conducibilità dei tubi cilindrici, voglio dire sulla proprietà che essi hanno di trasmettere il suono.

Il portavoce, come lo indica il suo nome, è destinato a trasmettere la voce a grandi distanze. Consiste in un tubo di latta o di ottone B (fig. 48) poco conico ed assai largo e svasato nell'apertura D ch'è detta *padiglione*. Questo strumento, di cui l'estremità C si applica alla bocca, porta la voce tanto più lungi, quanto maggiori sono le sue dimensioni.

L'effetto di questo fenomeno si spiega coll'ammettere le riflessioni successive delle onde sonore sulle pareti del tubo; riflessioni per le quali le onde vengono sempre più a divergere fra loro.

Fig. 48.

Questo strumento è utile per chiamare le persone da distanze alle quali non potrebbe mai giungere la voce naturale o il grido dell'uomo. Nella Svizzera lo adoprano i pastori per chiamarsi fra loro da un monte all'altro, e darsi avvisi intorno alle cose che risguardano la loro vita ed il loro mestiero; e nella vita marinaresca è utilmente impiegato per trasmettere gli ordini da una nave all'altra.

93. **Cornetto acustico.** — Il cornetto acustico è un altro strumento utile alle persone che sono *dure*

d' orecchio. È formato di un tubo conico di metallo A (fig. 49) di cui l' estremità B terminata a padiglione, riceve il suono, intanto che l' altra C è introdotta nell' orecchio. Il padiglione riceve i suoni o le parole provenienti dalla bocca della persona che vi parla dentro; e questi suoni si trasmettono per un seguito di riflessioni nell' interno del cornetto, dimodochè quelle onde che avrebbero preso un grande sviluppo, si trovano concentrate entro l' orecchio; e così ristrette, vi producono un effetto assai più sensibile di quello che avrebbero fatto le medesime onde sonore divergenti nell' atmosfera.

Fig. 49.

La grande utilità che arreca ad alcuni questo strumento, mediante il quale possono sostenere un dialogo con altri, mentre senza di esso non sentono parlare, lo rendono assai prezioso, ed è usato da tutti coloro che per qualche infermità sono divenuti duri d' orecchio.

Sopra questa medesima proprietà che hanno i tubi di trasmettere il suono è stato costruito pure lo *stetoscopo*, strumento che serve ai medici per esplorare il petto dei malati, cioè per sentire se i loro polmoni respirano o no liberamente; il che giungono a verificare, applicando il padiglione alla regione posteriore dei polmoni, cioè sotto le scapule dei visitati, e tenendo l' orecchio all' estremità opposta dello strumento, mentre li fanno ripetutamente respirare. Quest' esame è ciò che in medicina chiamasi *ascoltazione*; nella quale hanno alcuni medici tanto esercitato l'orecchio, da poter assicurare se il polmone ascoltato sia o no infermo.

TRATTENIMENTO IX.

DELLE METEORE AEREE.

SOMMARIO

Meteore e Meteorologia. — Direzione dei venti. — Velocità dei venti. — Cause dei venti. — Venti regolari. — Venti periodici. — Venti variabili. — Utilità dei venti. — Trombe, e relazione degli effetti di una tromba. — Aeroliti.

Parleremo finalmente di certi fenomeni che si producono nell' atmosfera, e che hanno rapporto collo studio di questo fluido.

Al paragrafo 33 noi dicemmo che l' aria allorquando per diverse cause è messa in agitazione, produce il vento. È questo il luogo nel quale io mi riserbava di parlarvi dei venti e di altri fenomeni che si producono nell' atmosfera e per effetto di questa.

94. **Meteore e Meteorologia.** — Si chiamano *meteore* tutti i fenomeni che si producono nell' atmosfera; e *meteorologia*, la parte della fisica che ha per oggetto lo studio delle meteore.

Le meteore si distinguono in *aeree* che sono i venti, gli uragani, e le trombe; in *acquee* che comprendono le nebbie, la pioggia, la rugiada, la brina, il sereno, la neve, la grandine; ed in meteore *luminose* che sono il fulmine, l' arcobaleno, le aurore boreali ed altre.

95. **Direzione dei venti.** — I venti non essendo altro che aria messa in moto, si definiscono *correnti che si manifestano nell' atmosfera in direzione e con*

velocità assai variabili. Quantunque essi spirino in tutte le direzioni, se ne distinguono otto principali (fig. 50) che sono il *Nord* o *Settentrione*, il *Nord-est* o *Greco*, l' *Est* o *Levante*, il *Sud-est* o *Scirocco*, il *Sud*

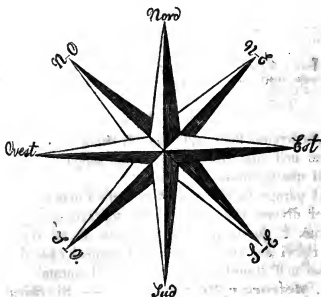



Fig. 50.

o *Mezzogiorno*, il *Sud-ovest* o *Libeccio*, l' *Ovest* o *Ponente*, ed il *Nord-ovest* o *Maestro.* I marinai distinguono inoltre gl' intervalli fra queste otto direzioni in tre altre, il che forma in tutto 32 direzioni che si indicano respettivamente col nome di *rombi.* La traccia di questi 32 rombi sopra un cerchio in forma di stella, è conosciuta sotto il nome di *rosa dei venti* come lo indica l' appresso figura, che comprende le sole otto principali direzioni.

La direzione dei venti si determina per mezzo di banderuole consistenti in lamine di ferro, foggiate in più e diverse maniere, e che vediamo collocate sulla sommità delle torri. Girano esse intorno ad una verga o palo di ferro P, stanno sempre voltate alla parte opposta di dove viene la corrente atmosferica, ossia a quella di dove spira il vento. La fig. 51 ne offre un'immagine ove la freccia A sta ad indicare la direzione del vento che tiene perciò voltata la banderuola B alla parte opposta a quella di dove egli spira. E supponendola rivolta al sud, ne deduciamo essere vento di nord o di settentrione, detto pure comunemente tramontano, perchè questa direzione è direttamente opposta a quella di sud, che è il punto al quale sta voltata la banderuola.

Fig. 51.

96. **Velocità dei venti.** — Varia è la velocità dei venti e possiamo approssimativamente valutarla coll'ombra di una nuvola che scorre sul suolo. I fisici però, onde misurarla in ogni occasione (chè sempre non può esservi l'ombra della nuvola) e con maggiore esattezza, hanno inventato un piccolo strumento cui dassi il nome di *anemometro*, che nella sua costruzione ha molta analogia col mulinello inventato da Woltmann, per misurare la celerità della corrente di un fiume.

L'anemometro dunque consiste in un mulinello o ruota A (fig. 52) formata di cinque ali di tela sottilissima, fissate alle estremità di altrettante aste esse pure

sottili e confitte in una specie di mozzo, che gira colla massima facilità intorno ad un' asta orizzontale B. Questa è imperniata in un semicircolo E che può scorrere e fissarsi sopra qualunque punto di un' asta di ferro C per mezzo di una chiavetta D. L' asta nella sua estremità inferiore, termina a punta per poter essere

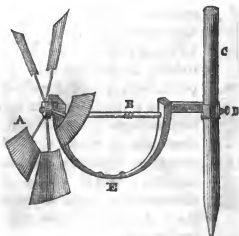



Fig. 52.

facilmente confitta nel suolo in direzione al vento di cui vogliamo misurare la velocità; la quale si deduce dal numero dei giri fatti in un tempo dato dalle alette della ruota, la cui costruzione è così leggera che muovesi al più piccolo movimento d' aria. Per contare con precisione i giri delle alette, è aggiunto all' apparato un sistema di due ruote dentate combinate fra loro, col semicircolo E e con altre aste che non vedrete, miei cari, qui espresse nella figura, perchè non facile sarebbe stato per voi il comprenderne l' azione, e perchè ho creduto che, per darvi un' idea di questo apparato, bastasse anche il presentarvene que-

ste parti soltanto, siccome quelle che principalmente dimostrano la maggiore o minore velocità delle correnti atmosferiche.

Nei nostri climi la velocità media è di 5 a 6 metri per minuto secondo; cioè a dire, percorre il vento nel tempo che passa da una battuta all'altra di polso uno, spazio di 5 a 6 metri. Se egli ne percorre due, è moderato; se dieci, è vento fresco; se venti, è forte; se venticinque, è burrasca; se quaranta, è uragano; il quale rare volte, mercè di Dio, viene a devastare i nostri paesi.

97. **Cause dei venti.** — I fisici studiate le cause onde hanno origine i venti, hanno verificato esser queste in un disequilibrio avvenuto in qualche parte dell'atmosfera per una differenza di caldo che sia nei paesi fra loro vicini. Per es. se il caldo del suolo aumenta sopra una certa estensione, l'aria che sta a contatto di essa, si riscalda, si dilata per effetto del calorico, diventa più leggera, e ascende verso le alte regioni dell'atmosfera, nelle quali si diffonde, producendo dei venti che spirano dalle regioni calde, verso le fredde. Ora succede che in quello spazio lasciato dall'aria a contatto del livello del suolo, l'equilibrio atmosferico si è alterato per l'eccesso di peso che si produce lateralmente sugli strati superiori dell'atmosfera a motivo dell'aria che vi è ascesa. Onde ne viene che se allorquando l'aria dilatata dal calorico si elevava e produceva un vento che spirava dalle regioni calde verso le fredde, perchè in quelle entrava nuova massa atmosferica; poco dopo altre correnti atmosferiche risultano pure negli strati inferiori, ma in senso contrario alle prime per l'eccesso di peso, come abbiamo detto, che si produce lateralmente sugli strati superiori.

Sono queste miei cari a giudizio dei fisici, le principali cause, onde hanno origine i venti; alle quali potrebbesi pure aggiungere il periodico succedersi del giorno e della notte, che avviene, come saprete, dal muoversi della Terra sopra se stessa con rapidità sufficiente da eccitare non lieve movimento nella massa atmosferica che la circonda.

Dalla direzione più o meno costante, secondo la quale soffiano i venti, possono questi distinguersi in tre grandi classi; cioè in *venti regolari*, in *venti periodici*, e in *venti irregolari*.

98. **Venti regolari.** — Diconsi *regolari* o *alisei* certi venti che soffiano tutto l'anno e in una direzione sempre la medesima, lungi dalle coste marittime e nelle regioni equatoriali. Non però nella medesima direzione in ambedue gli emisferi; poichè spirano dal nord-est nell' emisfero boreale, e dal sud-est nell' emisfero australe.

La causa che gli produce è perchè nella zona torrida, ovvero sotto l' equatore, l' aria riscaldata presso la superficie del suolo, si eleva nell' atmosfera, e nel vuoto che ella lascia subentra tosto una corrente che viene dai due poli. Ma sebbene queste due correnti vengano direttamente dai due poli, pure non producono venti di nord e di sud direttamente, ma di nord-est e di sud-est, perchè il movimento del globo essendo più rapido di quello delle correnti, prendono esse parte a tal movimento; e così pare che soffino in direzione contraria ed obliqua, cioè dal nord-est e dal sud-est.

99. **Venti periodici.** — I *periodici* sono venti che spirano regolarmente nella medesima direzione, alle medesime stagioni ed alle medesime ore del-

la giornata. Tali sono il *monsone*, il *samoun* e la *brezza*.

Monsone, che in nostra lingua significa *tempo fisso*, si chiama un vento che da aprile ad ottobre soffia dal sud-ovest; nell'Oceano Indiano e nelle sue dipendenze e da ottobre ad aprile soffia dal nord-est, cioè in una direzione diametralmente opposta a quella della primavera e dell'estate.

Soffia in queste due stagioni dal lato di sud-ovest, perchè il sole essendo allora passato al nord dell'equatore, l'aria dell'Arabia, della Persia, dell'Indostan e della China (paesi intorno all'Oceano Indiano) è sì rarefatta dai raggi del sole verticale, che si eleva nelle regioni superiori dell'atmosfera, e l'aria più fredda del sud si dirige verso quei paesi attraverso l'equatore, subentrando a quella che se n'è scostata, e producendo il vento del sud-ovest o libeccio.

In autunno e in inverno spira al contrario vento di nord-est o Greco, perchè in questi sei mesi il sole essendo passato al sud dell'equatore, le parti della zona torrida che occupano questa porzione del globo, sono riscaldate dal sole verticale. Ed allora l'aria più fredda del nord si dirige verso di loro, producendo un vento di nord-est o Greco, che dura come il libeccio sei mesi dell'anno.

In generale i monsoni sono più utili ai marinari, perchè per sei mesi possono essi navigare in direzioni da aver favorevole uno di questi venti, e tornare in dietro negli altri sei mesi, approfittando dell'altro vento.

Il *samoun* è un vento ardente che soffia dai deserti dell'Asia e dell'Affrica, e si distingue dall'esser caldissimo, e dalle sabbie che innalza nell'atmosfera

e seco trasporta. Quando soffia questo vento micidiale, l'aria si oscura, la pelle degli animali si dissecca, la respirazione si accelera, la sete diviene ardente, e non rare volte produce anco la morte.

In Italia e in Algeri, ove spira dal Gran Deserto o Sahara, ch' è nell' Affrica, è conosciuto sotto il nome di *Scirocco*; ma quando arriva sulle nostre regioni è assai meno ardente, perchè scorrendo sulla superficie del Mediterraneo, si è alquanto raffrescato. Gl' indigeni dell' Affrica per diminuire i funesti effetti di questo vento, si spalmano il corpo di materie grasse, e giungono così a liberarsi da una morte quasi certa.

La *brezza* è un vento che spira sulle coste del mare verso la terra durante il giorno, e dalla terra verso il mare durante la notte, cioè dalla regione più fredda verso la più calda. Infatti siccome il suolo durante il giorno si riscalda più del mare, l'aria dilatata sul continente più che sul mare, s'innalza, ed è sostituita da una corrente d'aria più densa che giunge dal mare verso la terra.

La brezza di mare incomincia dopo la levata del Sole, aumenta fino a tre ore dopo mezzogiorno, e diminuisce sin verso sera, perchè i raggi del Sole riscaldando la superficie del suolo più di quella del mare, gli strati d'aria che sono più vicini a questo, essendo più freddi, si dirigono verso la spiaggia.

La brezza di mare si cangia in brezza di terra dopo il tramonto del Sole, perchè tramontato questo, la superficie del suolo si raffredda più presto di quella del mare; e in conseguenza gli strati d'aria che toccano il terreno essendo più freddi, si dirigono verso il mare. Da questo deriva che la brezza marina è fre-

sca per gli abitanti delle spiagge; e la brezza di terra pare più fresca dell'aria di mare ai naviganti.

Rispetto poi alla salubrità di esse, può dirsi, che la brezza di mare supera in salubrità quella di terra, perchè strisciando l'aria sul mare, non solo non porta seco esalazioni malsane, ma anzi ritiene le saluberrime del mare. Mentre non è così delle brezze di terra, le quali seco portano le cattive esalazioni che vengono dai luoghi abitati sui continenti e sulle spiagge. Onde sarà sempre meglio alla salute passeggiare sulle spiagge del mare prima di mezzogiorno, che dopo il tramonto del Sole.

Le brezze di mare e di terra si fanno sentire soltanto a piccole distanze dalle coste. Anco la vicinanza delle montagne suol dare origine a brezze periodiche diurne.

100. Venti variabili. — I *variabili* sono venti, come lo indica il loro stesso vocabolo qualificativo, che spirano ora in una direzione, ora in un'altra, senza che noi possiamo stabilire alcuna legge alla quale vadano essi soggetti. Nell'Italia, per es. e nella Spagna predomina il vento di nord o di settentrione, nell'Inghilterra, nella Germania e nella Francia quello del sud-ovest o libeccio.

Però dobbiamo avvertire rispetto ai venti in generale, che non regna sempre il medesimo vento in tutta l'altezza dell'atmosfera; anzi non rare volte vediamo le nuvole o restare immobili, o correre in direzione contraria a quella indicata dalle nostre banderuole. Come pure può essere la direzione o il corso dei venti cambiata da una catena di monti, ogniqualvolta essi urtino nei loro fianchi. Ed allora non potendo più andare in linea retta, o retrocedono o sal-

gono o prendono una direzione laterale, come succede nelle grandi città, ove i venti urtando nelle pareti delle case, nè potendo scorrere nella loro natural direzione, prendono quella delle strade, e per esse confusamente si aggirano.

101. **Utilità dei venti.** — I venti non rare volte producono sulla terra turbini, uragani e sconvolgimenti tali, che devastano interi paesi, distruggendo le messi, atterrando alberi, rovinando case e capanne; e portano sul mare orribili tempeste, sconvolgendone i flutti, nei quali vanno non di rado a sommergere e uomini e navi.

Ma di contro a questi, che pur sono danni e flagelli per coloro che ne sono le vittime, grandi sono i vantaggi che la terra deriva dai venti. Imperocchè per essi la massa atmosferica si rimescola insieme, i vapori non respirabili si disperdono, e si fa salubre l'atmosfera in tutti quei luoghi, ove cattive esalazioni l'avevano già corrotta e resa malsana.

Per essi avvengono ora sopra un punto, ora sull'altro della terra quelle deliziose piogge che danno alle campagne la fertilità, e vi portano l'abbondanza delle messi. Per essi le acque ferme dei laghi e dei paduli non si corrompono, perchè ne sono commosse, agitate e rimescolate in modo, che depositano sulle rive, in forma di abbondante schiuma, molti elementi di corruzione che alla loro superficie si erano già formati. Giovano allo sviluppo e alla vegetazione delle piante, perchè il movimento che esse fanno allorchè vengono agitate dai venti, facilita nell'interno di esse l'ascensione e la circolazione dei succhi che assorbono dalla terra ove sono piantate. Sono i venti che lungi trasportano i semi di certe piante, e queste vengono

così naturalmente a propagarsi in altre contrade per utilità degli uomini e per ornamento dei campi. Sono essi che in estate moderano il calore e ci confortano, come in inverno vengono a soccorrerci contro l'intensità del freddo. Sono essi che purificano e rinnuovano l'aria corrotta delle città, degli spedali, delle case e di tutti i luoghi abitati.

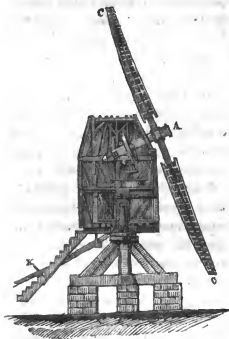



Fig. 53.

Nè dai soli venti turbinosi, dalle tempeste e dagli uragani traggono gli uomini salute e vantaggi; ma ancora e più ancora dalle brezze, dai monsoni e dai venti regolari. Imperocchè con questi si fanno girare le macine dei mulini detti *a vento*, utilissimi per macinare il grano ovunque manchino acque correnti. Sono essi impiegati fin da tempo immemorabile; e l'appresso figura 53 mostra la disposizione di cotali macchine.

Un tronco d'albero **A B** che gira sopra se stesso, sta collocato nella direzione medesima del vento. Quattro lunghi bracci, disposti in croce perpendicolarmente alla sua lunghezza, e simili ai due **C C**, sono fissati all'estremità **A** di quest'albero, e tengono distesa per

tutta la loro lunghezza una grossa tela, per cui vengono a prendere il nome di ali. Ogni ala è formata di sbarre di legno, che sono confitte trasversalmente ad egual distanza nell'asta di mezzo che le serve di asse, e le cui estremità sono congiunte da altre due aste di legno che stanno parallele all'asse in tutta la lunghezza di questo. Le tele sono disposte in modo da ricevere sulla loro superficie il vento, e da esso la pressione necessaria per far girare, come i raggi di una ruota, i quattro bracci sui quali stanno distese, e con essi l'albero alla cui estremità sono fissati. Il movimento di rotazione, impresso all'albero dalle quattro ali, si trasmette al meccanismo interno del mulino per mezzo di una ruota dentata D fissata a quest'albero, e di una lanterna E colla quale ingrana la ruota. La lanterna è montata sopra un grosso legno ch'è confitto nel centro della macina di pietra F, e che perciò si chiama l'asse della macina. Questa è sostenuta da un robusto e grosso tronco di legno verticale G H, intorno al quale può eziandio girare tutto il meccanismo come sopra un pernio, mediante una lunga leva K ch'è fissata al mulino, e conduce l'albero A B in faccia al vento che spira, per riceverlo nelle vele. Accanto alla leva K sta disposta la scala, per la quale si sale entro al casotto che racchiude tutto il meccanismo, e ove si porta il grano a macinare. Sono necessari i tronchi di muro e le travi, come indica la figura, per sollevare il tutto dalla superficie del suolo, acciò la punta delle ali non trovi ostacolo per girare.

Quando il mulino a vento non deve stare in azione, si mette un freno all'albero A B, si serrano le vele, ravvicinandole all'asse di ciascun'ala, e così il

vento non esercitando più sopra di esse la sua pressione, non le muove, e la macina sta ferma. Per rimettere la macchina in movimento, si toglie il freno all'albero, si dirige in senso del vento mediante la leva, e si distendono le vele sui bracci. Per distenderle si porta ogni alà in positura verticale al suolo, e mentre un uomo ve la tiene, un altro sale su per la scala formata dalle sbarre trasversali, e dispone la tela come dev'essere. Così pure si fa per ripiegare le vele.

Nè alla sola macinazione del grano impiegasi l'apparecchio motore del mulino a vento; ma in alcuni luoghi è impiegato ancora alla segatura dei legnami, o ad altro; perchè in tal caso l'albero A B, anzichè muovere una macina, fa muovere gli arnesi destinati alla lavorazione, a cui serve il motore a vento. Ma a qualunque ufficio sieno queste macchine destinate, voi le vedrete sempre sulla sommità delle colline, perchè ivi spira il vento più spesso e più forte che in piano. Vuolsi però, miei cari, molta cautela nell'avvicinarsi al punto ove girano le ali, perchè potete correr pericolo di esserne investiti, e riportarne gravissimi danni.

Mercè l'azione dei venti i marinari si spingono nelle loro navi attraverso i mari e gli oceani, ricevendo nelle vele il vento che celermente li spinge ai porti, ai quali sono diretti per fare il loro commercio. Come al contrario non si muovono o appena sulla superficie delle acque nei giorni che non spira alcun vento, e costretti sono a rimanersene inoperosi e fermi in mezzo di quelle, perdendo un tempo che non possono in verun modo impiegare a loro vantaggio. Tal'è lo stato di quiete e d'immobilità atmosferica per

essi annoiante e pregiudicievole, che chiamano *bonaccia*.

Ecco come Iddio ha provveduto, cari miei giovinetti, anche con questi fenomeni naturali ai vantaggi, alla prosperità e alla salute nostra e degli animali. Ecco come facilmente si eseguisce la navigazione, e per essa facilmente si comunicano fra loro le regioni della terra separate da vastissime estensioni di mare; come i prodotti dell' una con molto minor dispendio e con maggior celerità che non ci vorrebbe per terra, sono all' altra trasportati, ed agevolato lo scambievole commercio. Ecco come l' aria cocente della zona torrida viene rinfrescata dai venti freddi dei poli; e le regioni polari addolcite dai venti caldi della zona torrida, senza i quali gli uomini, gli animali e le piante di questa morrebbero per l' eccessivo caldo, e quelli dei poli sarebbero irrigiditi dal freddo insopportabile. E il rimescolamento di queste due atmosfere serve anco per dare ad ogni regione il gas che le è più appropriato. Infatti nelle regioni equatoriali la grande abbondanza di vegetabili producendo una gran quantità di ossigeno, e nelle regioni temperate i fuochi, gli uomini e gli animali tutti producendo in abbondanza l' acido carbonico, ne viene che le piante poste sotto l' equatore hanno bisogno di molto acido carbonico; mentre gli animali e gli uomini delle regioni più vicine ai poli hanno bisogno di molto ossigeno. A tutti questi bisogni provvedono naturalmente le correnti atmosferiche, le quali, soffiando dalle regioni polari, portano l' acido carbonico alle piante equatoriali, e i venti della zona torrida portano l' ossigeno agli uomini e agli animali delle regioni temperate.

Così a tutto provvede, miei cari, la mirabile sa-

pienza di Dio; di tutto dobbiamo essere a Lui riconoscenti, e adorarlo nelle opere istesse della sua immensa creazione.

102. **Trombe**. — Dicemmo essére fra le meteore aeree, oltre i vènti, e gli uragani, ancora le *trombe*, che formano uno dei più grandiosi fenomeni della natura.

Sono questi ammassi di vapore sospesi negli strati inferiori dell'atmosfera, la quale attraversano, mossi il più delle volte da un moto rotatorio così rapido, che sradicano alberi, rovesciano case, e schiantano e distruggono tutto ciò che incontrano nello spazio da essi percorso.

Queste meteore spaventose (fig. 54), che generalmente sono accompagnate da grandine e da pioggia,

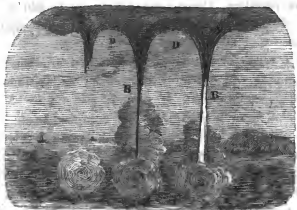



Fig. 54.

slanciano sovente fulmini e lampi, facendo udire un fragore simile a quello (seppur possiamo assomigliare il piccolo al grande) di un gran carro rapidamente

trascinato sopra un terreno ineguale e sassoso. Appariscono esse tanto sui continenti che sui mari, ed allora il fenomeno presenta un aspetto rimarchevole. Le acque si agitano e s' innalzano in forma di cono rovesciato B B; i due coni si congiungono coi loro vertici in D D e formano così una colonna continua dal mare alle nuvole. Però anche in alto mare l' acqua delle trombe non è mai salata; dal che si deduce che sono esse principalmente formate dai vapori condensati e non dall' acqua del mare innalzata per aspirazione come si è creduto in addietro. E se per disavventura si riversa sopra una nave anche porzione di quell' acqua che si è elevata a tanta altezza, la nave corre gran pericolo di sommergersi per l' enorme peso che sopra le piomba. Di qui l' accortezza che hanno i marinai di slontanarsi quanto più possono dalla zona che la tromba percorre. Questo fenomeno per lo più non ha lunga durata, anzi dopo brevi istanti si dissipa e si dilegua.

La vera origine delle trombe non si conosce manifestamente, quantunque molti fisici ne abbiano fatte accuratissime indagini. Molti però assegnano loro una causa elettrica; la quale meglio comprenderete allorquando avremo parlato di un fluido imponderabile che si chiama fluido elettrico.

In un Giornale di Fisica già diretto dall' Abate Rozier leggesi la relazione di una tromba di terra, che per i suoi spaventevoli effetti offre l' idea di quanto possono talvolta operare queste terribili meteore. Eccone ridotta in poche parole la narrazione.

Questo fenomeno avvenne il 3 novembre del 1780 in un luogo della Francia distante circa tre miglia da Carcassona verso le cinque di sera. Alcuni uomini che

lavoravano presso il fiume Aude furono i primi a vederlo; e lo videro sotto l'aspetto di una nube nera che rasentava il suolo avanzandosi verso di loro con gran romore e seguendo la direzione di un vento di nord-est, che appunto allora soffiava. In brevi istanti si videro essi avviluppati dalla tromba, e una barca che galleggiava sul fiume, ne venne violentemente aggirata sopra se stessa. Ciò veduto i lavoranti, spaventati fuggirono, e lungi si ristettero per osservare l'andamento della meteora che già occupava tutta l'estensione della valle, mentre si elevava ad una grandissima altezza. Il vento che non cessava mai di soffiare, sospinse la tromba verso un vicino villaggio, i cui abitanti la sentirono tosto muggire con orribil furore, ed osservarono che lanciava a grande altezza come due getti di sabbia che per aria fra loro si rimescolavano e si confondevano. Non proseguì il suo cammino alla volta di questo villaggio, ma per circa tre quarti d'ora si ristette sulla pianura alla riva destra del fiume, infuriando sugli alberi tutti, i quali sradicava dal suolo e li roteava per aria con straordinaria violenza, come fa talvolta il vento della polvere e dei corpi leggeri. Gli alberi più fortemente abbarbicati alla terra li troncava, ne schiantava i rami più grossi e li portava per aria. Sfogata la sua rabbia sopra quei campi che lasciò affatto devastati, si diresse alla volta di un piccolo villaggio, sfuggendo quello, i cui abitanti atterriti ne avevano osservati i fenomeni. La gente di questo secondo villaggio vista avvicinarsi la meteora, corse ad avvisarne il proprietario che allora era nel suo castello feudale. Questi scorto il pericolo ond'era minacciato, e prevedendo l'azione distruggitrice della tromba, si rifugiò entro stanza sotterranea e ne chiuse a gran

fatica la porta. Non era appena disceso dalle stanze superiori che il furore della meteora era sopra il castello, e pochi istanti dopo ode un fracasso orribile, simile a quello che produrrebbe la subita ruina di molte case in un tempo. Il terrore in lui si accresceva dalla lotta ancora ch'era costretto a fare contro la violenta forza della tromba che, assalita la porta di quel cupo rifugio, minacciava ad ogn'istante di svellerla dai cardini ed atterrarla. Il fracasso poco dopo cessò, scomparve la meteora. Ma nel silenzio che successe solenne a quella scena d'orrore, uscito egli tremante dal cupo asilo che lo aveva salvato, vide il suo castello altro non essere in gran parte che un ammasso di muri sconnessi e di ruine. Fracassate le finestre, svelte coi cardini le porte dalle soglie di pietra, sollevato e sconvolto il pavimento delle stanze, qua screpolate e là ruinate le soffitte, messi in brani i parati i camini abbattuti, il tetto scoperchiato, sconnesse le travi che ne sostenevano il peso, le suppellettili qua e là confusamente trasportate e tutte ridotte in minuti pezzi. Nè tutto ancora. Le grida disperate de' suoi soggetti gli annunziano che un centinaio di case intorno al castello non hanno più tetto nè muri, e quelli che non eran rimasti sepolti sotto le ampie ruine, tutto han perduto, masserizie, ricolti, alberi, piantagioni, nè altro ad essi restava che il devastato suolo.

Tale la forza devastatrice di queste rare ma tremende meteore, che nel lor furore manifestano l'onnipotenza di Dio, ed umiliano la superbia degli uomini.

103. **Aeroliti.** — Prima di terminare la storia naturale dell'Aria, voglio dirvi miei cari qualche parola di certe pietre dette *aeroliti* o pietre dell'aria, perchè cadono dall'alto sul suolo.

Molte e differenti sono le ipotesi fatte intorno alla loro formazione, ma nessuna fin qui è stata unanimemente accettata dai dotti. Alcuni hanno supposto che si formino istantaneamente per l'aria, unendosi e consolidandosi insieme per l'azione dei venti le sostanze onde sono esse formate.

Altri hanno creduto che sieno lanciate dai crateri dei vulcani; ma neppur questa opinione persuade, perchè ne sono cadute in luoghi affatto privi di vulcani e lontanissimi da questi.

Taluni affacciarono e sostennero l'ipotesi, che lanciate fossero dai vulcani della Luna. Ma questa opinione pure ebbe pochi sostenitori. Ed anco meno n'ebbe l'altra, cioè che sieno rottami di globi moventisi nello spazio, e fortemente percossi da una cometa o da qualunque altro corpo celeste, oppure spezzati da altre cause a noi incognite affatto.

Altri finalmente spiegano questo fenomeno colle trombe; dicendo cioè non essere improbabile che una tromba attraendo e sollevando da un punto della superfice terrestre queste pietre, le trasporti per aria e poscia le getti a grandi distanze dal luogo di dove furono staccate.

Comunque sia però, il fenomeno è vero ed ha in ogni tempo formato le maraviglie degli uomini. La più antica pioggia di pietre, che ricordi la storia essere avvenuta, è quella caduta presso le ruine di Alba sotto il regno di Tullo Ostilio, e della quale fa menzione Tito Livio nella sua storia romana.

La famosa pietra di Cibele adorata in Roma, altro non era che un aerolito caduto a Pessinunto nella Frigia; ove il senato romano inviò un'ambasciata, presieduta da Scipione Nasica, per ottenere da quelli

abitanti la pietra, che i romani, risguardandola come un prezioso palladio, (secondo aveva giudicato l'oracolo) di tutto fecero per averla; ed avutala, la portarono processionalmente in Roma, la collocarono in un tempio, ed ivi venne come un dio adorata.

Gli Arabi pure adoravano nella Mecca una pietra nera, caduta dal cielo in tempi a noi più vicini, e innanzi che Maometto dettasse loro la sua nuova religione.

Leggiamo negli annali delle scienze che nel 1492 cadesse presso Ensisheim nell' Alsazia (provincia della Francia) una pietra che pesava 300 libbre.

Nel 1506 si narra che cadessero in Italia presso al fiume Adda circa 1200 pietre, una delle quali pesasse 120 libbre, ed un'altra 60.

Il celebre naturalista Gassendi racconta che il 27 novembre del 1627 il cielo era bello e sereno quando vide cadere verso le dieci di mattina dall'alto dell'atmosfera sul monte Vaisien in Provenza una pietra infiammata di gravissimo volume. Era circondata, egli dice, d'un cerchio luminoso di diversi colori; faceva sentire un acuto sibilo, e spandeva un odore di zolfo ardente. Cadendo s'affondò nel terreno, fece saltare in aria alcune pietre lì vicine, e la trovò essere di un colore scuro e metallico. Pesava 54 libbre, e tuttora si conserva nella città di Aix in Provenza.

E così potrebbe dirsi di molte altre cadute in vari punti del globo, accompagnate da fragorose detonazioni simili a quelle di più cannoni che esplodano ad un tempo. Analizzate dai chimici, hanno veduto esser alcune formate da un mescuglio di zolfo, di ferro, di silice e di altre sostanze minerali, la cui riunione non si riscontra essere in nessun' altra pietra scavata dalle viscere della terra.

Nè vi maravigli, miei cari, se di questi, come di tanti altri fenomeni naturali, lo studio e la scienza dell'uomo non è ancora pervenuta a conoscere le vere cause; perchè sembra che Dio voglia appunto tenerle a noi occulte ed ignote per umiliare il nostro orgoglio, abbassare la nostra superbia, e darci sempre novelle prove della sua onnipotenza.

TRATTENIMENTO X.

DELL' ACQUA

SOMMARIO

Caratteri generali dei liquidi. — Pressione nei liquidi prodotta dalla gravità. — Corso delle acque. pozzi artesiani e fontane zampillanti naturalmente. — Dimostrazione del principio di Archimede. — Modo di essere dell'acqua nella natura. — Cause onde si svolgono e si disperdono i vapori aquei nell'atmosfera.

L'utilità e l'importanza dell'acqua non sono certamente inferiori a quelle dell'aria se consideriamo gli usi che tutti continuamente ne facciamo. Un tempo fu creduta anch'essa, come l'aria, un elemento, perchè la vedevano uscire dalla scomposizione di molti corpi, e perchè la trovavano sparsa con tanta abbondanza sulla superficie della terra e nell'atmosfera che la circonda. Ma l'essere diffusa in tanta abbondanza, anzichè provare la sua natura semplice, dev'essere per noi miei cari giovinetti, un nuovo oggetto di ammirazione per la sapienza ineffabile del Creatore che tutto ha disposto nel modo più favorevole alla nostra conservazione.

104. **Caratteri generali dei liquidi.** — I liquidi, e perciò l'acqua, sono corpi, le di cui mole-

cole a cagione di una grande mobilità cedono al più leggero sforzo che tenda a spostarle. Immergete una mano nell'acqua e ne ravvisate la verità. Tuttavia la fluidità delle sue molecole non è perfetta come quella dell'aria, ma esiste sempre fra loro un'aderenza che produce una viscosità più o meno grande, per cui diciamo che l'acqua è palpabile e l'aria no.

Ciononostante ancora i liquidi sono fluidi, quantunque assai meno dei gas; ma ciò che più distingue i corpi liquidi dagli aeriformi, è che questi sono molto compressibili ed espansivi, mentre i liquidi lo sono appena.

La fluidità dei liquidi noi la vediamo manifesta nella facilità ch'essi hanno di prendere la forma di qualunque vaso nel quale sieno versati, mentre la storia delle esperienze fatte dai fisici ormai ci assicura della poca compressibilità che hanno.

105. **Pressione nei liquidi prodotta dalla gravità.** — Se, come dell'atmosfera, noi supponiamo un liquido qualunque giacente in un vaso, diviso in strati orizzontali, vi sarà facile comprendere che ciascuno di questi strati sostiene il peso di quelli che gli sovrastano; e che in conseguenza l'azione della gravità sviluppa nella massa liquida delle pressioni interne variabili da un punto all'altro. Queste pressioni sono soggette alle seguenti leggi generali.

1ª La pressione sopra ogni strato è proporzionale alla profondità; ovvero quanto più profondo è uno strato, tanto maggiore è sopra lui la pressione per gli strati superiori che sostiene.

2ª Per liquidi diversi la pressione che soffrono gli strati di egual profondità è proporzionale alla densità del liquido. Empiamo per esempio due vasi di

eguale capacità, uno d'olio e l'altro d'acqua, gli strati dell'olio, che saranno ad eguale profondità di quelli dell'acqua, sosterranno una pressione minore, perchè l'olio è più leggiero dell'acqua.

3ª La pressione finalmente si considera eguale sopra tutti i punti di un medesimo strato orizzontale; e ciò non può esser diversamente, se consideriamo che stando il liquido in posizione orizzontale, le sue molecole stanno disposte con egual quantità sopra tutti i punti di un medesimo strato; il che non sarebbe, se dessimo al vaso una posizione obliqua, perchè allora giacerebbe in un punto una dose maggiore di liquido che non sarebbe nell'altro; ch'è quanto dire gli strati non sarebbero entro il vaso in un medesimo piano orizzontale.

È altresì necessario a sapersi che la pressione esercitata dagli strati superiori di un liquido sugli strati inferiori, fa nascere in questi dal basso all'alto una reazione eguale e contraria, ch'è una conseguenza del principio della trasmissione di pressione in tutti i sensi; voglio dire che i liquidi trasmettono egualmente in tutti i sensi le pressioni esercitate in un punto qualunque della loro massa. Questa pressione dal basso all'alto è conosciuta sotto il nome di *spinta dei liquidi*, fenomeno che noi ravvisiamo, immergendo una mano nell'acqua o in qualunque altro liquido.

I professori di fisica sogliono dimostrare questa verità con una facile esperienza, ch'è questa. Prendono un tubo di vetro A (fig. 55) aperto alle due estremità; vi applicano all'estremità inferiore un disco di vetro B che serve di otturatore, e che da principio sostengono con un filo C che sta fissato al disco. Dipoi immergono il cilindro in un vaso D contenente

dell' acqua, e abbandonano il filo a se stesso. Il disco otturatore non cade allora in fondo al vaso; ma rimansi applicato contro il tubo. La forza che ve lo tiene è senza dubbio la spinta o pressione che esercitano sopra di lui gli strati dell' acqua dal basso all' alto, e questa pressione è tale che, versando lentamente dell' acqua nel cilindro, il disco otturatore ne sosterrà tanta, finchè non sia allo stesso livello dell' acqua esterna, ossia di quella contenuta dal vaso.

Fig. 55.

Basati dunque sopra queste leggi generali, risguardanti la pressione dei liquidi, si possono facilmente calcolare le pressioni che sopporta il fondo dei mari. Infatti essendo ormai provato che la pressione atmosferica è uguale a quella di una colonna d'acqua dell'altezza di 10 metri, ed avendo i navigatori altresì osservato che lo *scandaglio* (pesante strumento di ferro che legato ad una corda si cala nell' acqua per conoscerne la profondità) non s'immergeva nell'acqua del mare che ad una profondità minore di quattro mila metri; ne viene la conseguenza che la pressione sofferta dal fondo di alcuni mari è più di quattro cento volte maggiore della pressione atmosferica; perchè equivalendo a questa una colonna d'acqua alta dieci metri, dividendo il 4000 per 10, dà una resultante di 400.

106. **Corso delle acque, pozzi artesiani e fontane zampillanti naturalmente.** — I laghi, i mari, le sorgenti, i fiumi dobbiamo considerarli come tanti vasi nei quali le acque tendono continuamente a

disporsi ad un medesimo livello vero, cioè in un medesimo piano orizzontale.

Lo stesso accade delle fontane zampillanti naturalmente, e dei pozzi artesiani, così chiamati perchè vuolsi che fossero per la prima volta costruiti in una provincia della Francia, chiamata un tempo Artois, nella quale se ne trovano alcuni, la cui origine sembra rimontare alla fine del XII secolo. Come pure si crede che nella China e nell' Egitto fossero praticati pozzi di questo genere in un'epoca ancora più remota.

Si ottiene dunque una sorgente zampillante o getto d' acqua, o un pozzo artesiano, sempre che esista un bacino serbatoio, superiore al piano, dal quale vuolsi fare scaturire lo zampillo, e dal qual serbatoio possa l' acqua liberamente sgorgare per condotti naturali.

Per ottenere sì l' una che l' altro, si pratica nel suolo un foro con uno strumento cui dassi il nome di *trivella*, e la cui azione è pressochè simile a quella del succhiello e del trapano sul legno. Difatto con questo grosso e robusto arnese di ferro si trafora il suolo, e si trapanano le pietre che s' incontrano, fintantochè non sia aperto un varco all' acqua che sta sempre depositata ad una certa profondità dalla superficie del suolo. L' asta poi della trivella si allunga quanto occorre con aggiuntare altre spranghe di mano in mano che l' arnese, mediante robuste macchine e l' azione di più uomini, si affonda nel terreno.

Pe intendere la teoria dei pozzi artesiani come delle fontane, bisogna notare che dei terreni componenti la corteccia del globo, alcuni sono permeabili alle acque, come le sabbie, le ghiaie (cioè che le acque possono facilmente filtrare attraverso queste materie);

ed altri terreni sono impermeabili come le argille, materia attraverso la quale non possono le acque filtrare. Ciò posto si supponga un bacino geografico A più o meno esteso (fig. 56) al di sotto del quale si trovino due strati impermeabili B B, C C, fra i quali sia compreso uno strato permeabile DD. Supponete infine che questo strato permeabile D D comunichi con altri terreni più elevati nella direzione di E, attraverso i quali s' infiltrino le acque piovane, o nei quali sia una massa d' acqua qualunque, depositata ad un livello più elevato che non sia quello del suolo nel punto S. Queste acque seguendo allora la pendenza naturale del terreno, attraverso lo strato permeabile, si portano al disotto del bacino geografico da noi supposto in A, senza poter comunicare con esso, perchè ne sono separate dallo strato impermeabile B B. Ma se, incominciando dal

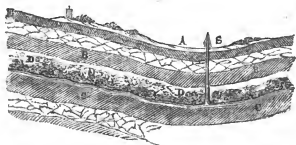



Fig. 56.

suolo nel punto S, si pratica un foro attraverso questo strato, le acque che tendono sempre a disporsi allo stesso livello, s' innalzano in questo foro ad un' altezza tanto maggiore, quanto più alto è il terreno nella direzione E col quale comunicano.

Non sempre però dai fori dei pozzi artesiani zampilla naturalmente l'acqua, sebbene la trivella abbia forato il terreno, ed abbia trovato un serbatoio d'acqua. E ciò succede, com'è facile comprendere, tutte le volte che quell'acqua non viene da un livello più elevato di quello al quale deve ascendere, per giungere alla superficie del suolo dov'è stato praticato il foro artesiano. In questo caso l'acqua si trae a superficie del suolo mediante l'azione di una tromba aspirante; come si usa nei due pozzi artesiani, trivellati sulle due piazze di S. Marco e di S. Maria Novella nella nostra Firenze.

Con questa teoria comprenderete ancora, miei cari, come succedono quelle piccole fontane o getti d'acqua che per vaghezza e per ornamento si sogliono costruire nei giardini, la cui amenità viene accresciuta dai fili di quell'acqua zampillante che mormora cadendo entro una vasca o laghetto, ove guizzano dei pesci, e germogliano delle piante dette acquatiche, perchè vivono continuamente nell'acqua.

Secondo quello che abbiamo detto dei pozzi artesiani, anco i getti d'acqua tendono a giungere ad un'altezza uguale a quella del livello dell'acqua nel serbatoio. Ma così mai non avviene perchè il getto incontra tre sorta di resistenze.

1° L'attrito dell'acqua nei tubi di condotta, il quale distrugge una parte della velocità:

2° La resistenza che oppone l'aria all'acqua, appena che zampilla fuori del canaletto:

3° L'urto che le molecole liquide cadendo dalla sommità del getto esercitano sopra quelle che s'innalzano. L'appresso figura 57 dà un'idea di un getto d'acqua.

In questa, voi vedete nell'oggetto **A** il serbatoio dell'acqua, la quale passando pel canaletto **B**, risale fino al punto **C**, di dove scaturisce fuori zampillando per effetto della spinta che riceve nello scendere dall'alto, e della pressione che esercita sopra di lei l'acqua del serbatoio. Fenomeno che non avverrebbe, secondo quello che abbiamo detto, se l'acqua non venisse da un livello più alto che non è quello da cui scaturisce.

Fig. 57.

107. **Dimostrazione del principio di Archimede.** — Sarebbe questo il luogo ove svolgere la teoria intorno ai corpi solidi immersi nei liquidi, se non ve ne avessi già tenuto parola nel sesto trattenimento, ove mi fu necessario farlo, acciocchè meglio comprendeste le cause per cui gli aerostati si elevano nell'atmosfera.

Secondo quello che allora dicemmo, tutti i corpi immersi in un liquido sono sottoposti all'azione di due forze opposte; cioè la gravità che tende ad abbassarli, e la spinta del liquido che tende a sollevarli con uno sforzo eguale al peso stesso del liquido che il corpo sposta. Il peso di quest'ultimo è dunque distrutto in tutto o in parte da questa spinta; dal che si conclude che: *un corpo immerso in un liquido perde tanto del proprio peso, quant' è il peso del liquido spostato.* Questo principio che serve di base alla teoria dei corpi immersi e dei corpi galleggianti, è conosciuto, come voi già sapete, sotto il nome di *principio d'Archimede.*

Volendo ora dimostrarlo sperimentalmente, vi descriverò un apparato che i fisici chiamano bilancia idrostatica, la cui immagine la vedete rappresentata qui appresso nella figura 58.

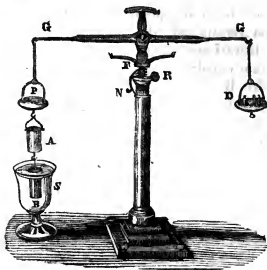



Fig. 58.

Quest' apparato non è altro che una bilancia ordinaria, munita a ciascun piatto di un uncino, e il cui giogo G, G può essere sollevato a volontà per mezzo di un'asta dentata F, che si fa muovere mediante un rocchetto R. Un nottolino N trattiene l' asta dentata al punto al quale abbiamo avuto bisogno di alzarla. Spinto così in alto il giogo, si sospende al disotto del piatto P un cilindro cavo A di ottone, e al disotto di questo un altro cilindro pieno B, il cui volume sia esattamente eguale alla capacità del primo. Quindi sull' altro piatto D si pongono pesi fintantochè sia stabilito l' equilibrio fra i due piatti. Se allora si riempie

d'acqua il cilindro A, l'equilibrio è tolto; ma se si abbassa nello stesso tempo il giogo, in modo che il cilindro B s'immerga interamente nell'acqua del vaso S sottoposto, noi vediamo che l'equilibrio si ristabilisce subito. Il cilindro B perde dunque per la sua immersione tanto del proprio peso, quanto è il peso dell'acqua versata nel cilindro A. Il principio d'Archimede trovasi così dimostrato perchè la capacità di quest'ultimo cilindro è precisamente eguale al volume del cilindro B.

È secondo questo medesimo principio i corpi galleggiano tanto più facilmente alla superficie dei liquidi, quanto questi sono relativamente più densi. Ponete un uovo nell'acqua bevibile, vedrete che esso va a fondo, perchè a volume eguale è più pesante dell'acqua; ma se lo ponete nell'acqua ove sia disciolto molto sale, l'uovo galleggia, perchè l'acqua salata è più densa della non salata. Un pezzo di quercia, ch'è un legno compatto e perciò pesantissimo, galleggia sull'acqua, ma se lo ponete nell'olio, vi si sommerge, perchè questo liquido è relativamente all'acqua meno denso. Così una massa di ferro galleggia nel mercurio, e nell'acqua cala a fondo immediatamente, perchè relativamente al mercurio ella è molto meno densa.

108. **Modo di essere dell'acqua nella natura.** — L'acqua esiste sempre sulla superficie della terra nei tre differenti stati nei quali vediamo essere i corpi della natura; proprietà che manca all'aria, perchè conserva sempre il suo stato gasoso; manca alle pietre ed ai legni, perchè conservano sempre il loro stato solido.

L'acqua allo stato gasoso esiste sempre nell'atmosfera in essa disciolta e in forma di nuvole e di neb-

bia. Allo stato liquido ella è con soverchia abbondanza diffusa per tutti i punti del globo, sui quali cade in forma di pioggia e si raccoglie in fiumi, in canali, in torrenti, in ruscelli, in laghi, in stagni, in paludi, in mari. Esiste finalmente allo stato solido, ed allora la chiamiamo neve, nevischio, brinata, grandine, ghiaccio. Tutte le quali forme diverse danno origine ad altrettanti fenomeni che costituiscono le così dette *meteore aquee*, delle quali parleremo a suo luogo.

L'acqua allo stato liquido e solido è più pesante dell'aria, ma ne è molto più leggera allo stato di gas, e come tale si eleva nell'atmosfera, vi forma le nuvole, le quali poi si disciolgono in pioggia; e torna alla terra quell'acqua medesima che se ne era separata in forma di gas. E passando così dalla terra all'atmosfera, dall'atmosfera alla terra, s'infiltra negli strati di questa, si raccoglie nelle sue interne cavità, dà origine ed alimento a tutte le sorgenti, le quali tornano così a percorrere, innaffiare e vivificare la superficie del globo, dal quale togliendo l'acqua, non sarebbe nè vegetazione nè vita.

109. **Cause onde si svolgono e si disperdono i vapori aquei nell'atmosfera.** — Incalcolabile dev'esser la massa del vapore aqueo che vaga sempre per l'atmosfera, se riflettiamo miei cari alla quantità enorme che ne fornisce sempre l'evaporazione di tutta l'acqua che circola sulla superficie del globo, a quella che esala dall'immensa superficie del mare, a quella che lasciano esalare la terra, le piante e gli animali nella respirazione. Tutte le quali cause ed altre ancora formano un immenso serbatoio di vapore aqueo che sta sempre sospeso sulle nostre teste, e minaccerebbe la vita nostra, degli animali e delle piante, non che

la distruzione di quanto esiste sulla terra, se nell'universale ordinamento della natura non esistessero per divina disposizione, altre cause destinate a rimuovere cotali pericoli e disastri.

E queste cause sono la formazione delle altre meteore aquee che abbiamo nominate, voglio dire della pioggia, della neve, del nevischio, della brinata e della grandine. Le quali si producono nelle alte regioni dell' atmosfera per una graduata condensazione che continuamente si fa di questi vapori, i quali più non potendo essere sostenuti dall' aria, perchè divenuti più pesanti, ricadono ora sopra un punto, ora sull' altro del globo, sotto la forma nella quale sono passati. E questi riversamenti succedono alternativamente sopra tutti i punti della terra, perchè gli strati atmosferici rimescolandosi insieme per effetto dei venti, impediscono che masse enormi di vapore aqueo stieno sempre librate sopra un medesimo punto del globo, ma invece vi stanno diffuse ed equilibrate nella proporzione necessaria alla conservazione del creato. Ecco come in tutti i fenomeni preordinati della natura noi ravvisiamo, miei cari giovinetti la mente del Creatore, alla cui adorazione ed amore io voglio che sieno principalmente diretti gl'insegnamenti che ricevete dalla lettura di questo libro, perchè questa è difatto l' idea prima e principale che lo ha informato.

TRATTENIMENTO XI.

CONTINUA DELL' ACQUA

SOMMARIO

Come si rivela l' esistenza dei vapori aquei nell' atmosfera. — Igrometria ed Igrometri. — Igrometro a capello. — Igroscopi. — L' acqua congelandosi aumenta di volume. — L' acqua, esercitando sui corpi una forza meccanica, li altera e li decompone. — L' acqua esercita un' azione dissolvente sopra alcuni corpi. — Utilità dell' azione dissolvente dell' acqua. — Distinzione delle acque secondo la loro natura. — Composizione dell' acqua. — Idrogeno.

110. **Come si rivela l' esistenza dei vapori aquei nell' atmosfera.** — Dicemmo nel precedente trattenimento che all' aria sta sempre mescolata una certa dose di vapore aqueo, e ne tiene disciolto ancora quando ella apparisce essere meno umida e più trasparente. Differenti sono, miei cari, i mezzi che si possono impiegare per riconoscere l' esistenza di questo vapore. Alcuni consistono nel raffreddar l' atmosfera tanto che il vapore àqueo si condensi fino allo stato liquido o solido. Tra questi è il più ovvio e il più comune quello di versare in una boccia o in un bicchiere di cristallo dell' acqua freschissima; in virtù della quale le pareti esterne del vaso tosto si appannano, cioè si coprono del vapore aqueo che sta mescolato all' atmosfera; il quale trovandosi a contatto del vaso, vi si raffredda esso pure, vi si condensa all' intorno, e poco dopo scorre giù pel bicchiere in forma di tante gocce d' acqua liquida. Ecco dunque perchè si appannano in estate le bocce di cristallo appena s' empiono d' acqua fresca, e i cristalli delle finestre in inverno, come pure altra volta dicemmo.

Gli altri mezzi utili ad impiegarsi per riconoscere l'esistenza dei vapori aquei nell'atmosfera, e più specialmente la loro maggiore o minore abbondanza, consistono nel porre a contatto dell'aria certe sostanze, le quali avendo per l'acqua moltissima affinità, attraggono il vapore aqueo che contiene, e se lo appropriano. Tra questi corpi è la potassa, la quale esposta all'aria, in breve tempo si fa talvolta umida, e se abbondanti saranno i vapori aquei, si discioglie tutta nell'acqua assorbita.

I corpi che posseggono tal proprietà sono conosciuti sotto il nome di corpi *igrometrici o deliquescenti*, cioè capaci a disciogliersi nell'acqua. Tali sono la potassa, lo zucchero, il sale da cucina ed altri.

111. Igrometria ed igrometri. — Non pei soli corpi deliquescenti si rivelano i vapori aquei nell'atmosfera, ma per mezzo ancora di certi apparati detti *Igrometri*, ossia misuratori dell'umidità, donde prende il nome d'*igrometria* quella parte della fisica che ha per oggetto di determinare la quantità di vapore d'acqua contenuto in un dato volume d'aria.

Questa quantità è assai variabile; ma l'aria non è mai satura di vapore d'acqua, almeno nei nostri climi, come non è mai neppure completamente secca; ed in generale contiene maggior quantità di vapore aqueo nell'estate che nell'inverno, quantunque l'aria sul nostro globo sia nell'estate meno umida, perchè l'atmosfera essendo più calda, il vapore più si eleva nelle regioni atmosferiche.

Igrometri abbiamo detto chiamarsi gli strumenti che servono a determinare lo stato igrometrico dell'aria. Ne furono immaginati moltissimi, ma i più comuni sono quelli detti *igrometri ad assorbimento*;

perchè sono fondati sulla proprietà che hanno le sostanze organiche di allungarsi per l' umidità e di accorciarsi per la secchezza.

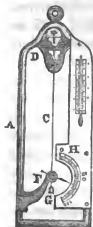
112. **Igrometro a capello.** — S' immaginarono vari igrometri ad assorbimento; il più in uso è l' *igrometro a capello o igrometro di Saussure*, dal nome del fisico al quale n' è dovuta l' invenzione.

Questo apparato si compone di un telaio d' ottone A (fig. 59), sul quale è teso un capello C ben disunto e purgato dalle sostanze grasse che contiene, perchè se queste tuttora contenesse il capello, non assorbirebbe che poco vapore, ed il suo allungamento sarebbe piccolissimo; mentre che privo di tali materie si allunga rapidamente passando dalla secchezza all' umidità.

Il capello è tenuto fermo alla sua parte superiore da una pinzetta D ch' è chiusa da una vite mediante

Fig. 59.

la quale la pinzetta si alza o si abbassa per tendere il capello. Questo alla sua parte inferiore si avvolge sopra una carrucola F a due gole in una delle quali è fissato. Sulla seconda gola si avvolge, in senso contrario a quello del capello, un filo di seta che sostiene un piccolo peso G. L' asse della carrucola porta una lancetta, che si muove sopra un quadrante graduato H. Quando il capello si accorcia, fa innalzare la lancetta, quando si allunga, il peso G la fa discendere. Il quadrante nella sua estrema parte superiore segna zero, ove cioè si arresterebbe la lancetta nell' aria completamente asciutta; e segna 100 nella estremità infe-

riore, ove la lancetta si arresterebbe nell' aria satura di vapore aqueo. Lo spazio poi del quadrante, compreso fra questi due punti estremi, è diviso in 100 parti eguali che sono i gradi dell' igrometro.

113. **Igroscopi.** — Oltre gl' igrometri, avvi pure gl' *igroscopi*, così detti alcuni apparati che non fanno conoscere la quantità di vapore aqueo che sia nell'atmosfera, ma soltanto indicano se nell'aria ve ne sia più o meno.

Di questi se ne costruiscono di più maniere, e si vendono dai nostri cartolari. I più usitati sono quelli ai quali si dà la forma di piccole figurine, la di cui testa per es. si copre di un cappuccio, o se ne scopre secondo che l' aria è più o meno umida. Sono essi fondati sulla proprietà che hanno le corde e le minugie attorcigliate di storcersi per l'azione dell' umidità, e di attorcigliarsi per la secchezza. Le loro indicazioni sono dovute ad un piccolo pezzo di minugia, o corda di budella d'agnello, attorcigliata, fissata per uno de' suoi capi, ed attaccata coll' altro al pezzo mobile nella parte posteriore delle figure che sogliono esser dipinte sul cartone.

Fig. 60.

L' appresso fig. 60 rappresenta un igroscopio. In questo il pezzo mobile è la figurina che apparisce essere nel corbello; la quale vi si rannicchia dentro quando vuol piovere o piove, perchè ve la tira la minugia che si storce, ingrossa e si accorcia pei vapori che assorbe dall' aria quando il tempo si prepara alla

pioggia o piove. Quando poi l'aria è asciutta, e fa bel tempo, la minugia si attorciglia, torna ad allungarsi, la figurina si alza, e viene a sporgere fuori dell'orlo del corbello.

È da notarsi però che questi apparati sono pigri, cioè che muovendosi assai lentamente, le loro indicazioni sulle variazioni igrometriche dell'aria sono sempre in ritardo confrontate con quelle degl'igrometri; e sono pure assai meno sensibili di questi.

Per l'azione che esercita il vapore aqueo sulle corde dei violini che sono fatte appunto di budella d'agnello, queste facilmente si rompono quando il tempo è umido, perchè l'umidità penetrando nelle fibre delle corde, le rigonfia, le rende meno serrate, meno compatte e ne aumenta la tensione.

114. **L'acqua congelandosi aumenta di volume.** — L'acqua oltre di essere più pesante dell'aria perchè più densa, è meno fluida per l'aderenza maggiore ch'è fra le sue molecole; e oltre di avere la proprietà di prendere la forma di qualunque vaso o recipiente, nel quale sia versata, e di essere assai meno compressibile dell'aria, cose tutte che abbiamo discorse nel precedente trattenimento, ha pure la proprietà caratteristica di aumentar di volume congelandosi. E ciò succede perchè le sue molecole esposte all'azione di una forte congelazione, e private perciò di calorico, prendono una certa disposizione, per la quale si discostano alquanto le une dalle altre, e vengono perciò ad occupare uno spazio maggiore di quello che occupavano allo stato liquido. E per effetto di questo accrescimento di volume l'acqua produce degli effetti assai curiosi sui corpi che la contengono; perchè tanta è la forza espansiva che acquista, che un corpo, comunque duro,

compatto e consistente, può opporle bastevole resistenza. Perfino grossi cannoni di bronzo, riempiti d'acqua ed esposti ad una forte congelazione, si rompono e si spaccano in più punti.

115. **L'acqua esercitando sui corpi una forza meccanica, li altera e li decompone.** — Altra proprietà caratteristica dell'acqua è quella pure di alterare e di decomporre i corpi nella cui sostanza essa penetra. E ciò perchè ne discosta le particelle, ne disgrega le molecole, le separa e le fa diventare più molli e flessibili in modo, che ne altera e ne cangia più o meno la natura. Per tal motivo si privano d'aria le sostanze animali che vogliamo conservare; e molte di esse si privano ancora dell'umidità che ritengono nella loro sostanza, e si pongono in condizione tale da impedire che la riassorbano. Ecco la ragione per cui si provvede annualmente alla conservazione delle carni di maiale, di bove, del baccalà, delle aringhe e di altri pesci, salandoli; perchè il sale penetrando nell'interno della sostanza animale, ne assorbe e ne fa scaturir fuori l'umidità che ritengono. Così salati, si conservano per qualche tempo. Ma assai più in lungo si protrae la loro conservazione, privandoli anche d'aria, come praticano i marinari, i quali dovendo fare lunghi viaggi per mare, onde non rimaner privi di viveri, comprimono potentemente per mezzo di macchine, e poi chiudono ermeticamente entro scatole di latta, o di altro metallo le erbe, le carni ed altre sostanze commestibili, le quali vengono così a conservarsi lungo tempo pei loro giornalieri bisogni; oltre che una gran quantità di queste sostanze, per essere tanto compresse, occupano piccolissimo spazio, e grandemente minore a quello che sarebbe lor necessario, se non fossero compresse.

Per questa medesima cagione il vapore aqueo dell'aria penetrando nella sostanza del legno, ne slontana le molecole, ne ingrossa le fibre; e le finestre, le porte e gli armadi più non si chiudono, nè si aprono coll'ordinaria facilità. Mentre tornando il bel tempo, l'atmosfera, che perde gran quantità dei suoi vapori, li assorbe dagli oggetti che circonda, ed allora le molecole del legno si ristringono, e il volume delle porte diminuisce.

116. **L'acqua esercita un'azione dissolvente sopra alcuni corpi.** — Di alcuni corpi l'acqua non solo disgrega le molecole e li guasta, ma ad essi si unisce e si combina in modo che scompaiono affatto nella sua massa, e non ne intorbidano neppure la trasparenza. Tali sarebbero, per es., lo zucchero chiarito e il sale da cucina, i quali si disciolgono pienamente nell'acqua senza intorbidarne la massa. E per questo sono detti *solubili* quei corpi che si disciolgono in essa completamente; come all'opposto *insolubili* gli altri che per troppa coesione delle loro molecole, come sarebbero per es. i metalli, non giungono mai a disciogliervisi completamente. Avvertite però che il calorico aumenta la forza dissolvente dell'acqua; perchè alcuni corpi, come sarebbe la gruma che si forma nell'interno delle botti, sono insolubili nell'acqua fredda, mentre si disciolgono compiutamente nell'acqua calda o bollente. Pochi però sono i corpi insolubili nell'acqua, per cui gli antichi ben a ragione la chiamavano il *gran dissolvente della natura.*

117. **Utilità dell'azione dissolvente dell'acqua.** — Né senza grandi ragioni diede Iddio a questo corpo la proprietà dissolvente; perchè senza di essa non succederebbero tanti fenomeni naturali sulla terra,

nè potremmo noi provvedere alla nostra sussistenza; non potrebbesi per es. estrarre lo zucchero e le materie coloranti dai vegetabili, non ottenere la gelatina e la colla dalle sostanze animali, non cuocere e preparare quasi tutte le sostanze che servono al nostro nutrimento; non crescerebbero nè maturerebbero i frutti sulle piante, se l'acqua non assorbisse, non disciogliesse e non portasse dalla terra entro i rami di esse i sughi e le sostanze di che i frutti medesimi si compongono. I cibi da noi mangiati non potrebbero andare in nutrimento del nostro corpo, se i liquidi che in esso si contengono non valessero a disciogLierli; non si tingerebbero i tessuti destinati ai nostri usi, se l'acqua non potesse disciogliere le sostanze coloranti; insomma nessuna, quasi nessuna cosa produrrebbe la terra di quelle tante ed innumerevoli che a vantaggio nostro produce; nè potrebbero gli uomini esercitare tante arti e mestieri, se mancasse all'acqua questa singolare proprietà, per cui si rende indispensabile alla produzione e conservazione di tutti gli esseri organizzati, come alla formazione di quelli che non hanno gli organi destinati alla vita.

118. **Distinzione delle acque secondo la loro natura.** — Considerate le acque nel loro stato naturale e secondo le diverse sostanze alle quali trovansi combinate, si sogliono distinguere in acque *potabili*, *non potabili*, *minerali o medicinali*.

Potabili diconsi quelle che servono da bevanda giornaliera senza che arrechino alcun danno alla nostra salute. In generale dicesi potabile un'acqua se limpida, se non ha odore e sapore cattivo, se cuoce bene i legumi, se discioglie bene il sapone, se si conserva trasparente mentre bolle, e se, evaporando nel

bollire, lascia piccolo deposito nel vaso ove ha bollito. Tal'è l'acqua piovana, di neve, di alcune sorgenti, di alcuni pozzi.

Acque *non potabili* diconsi al contrario quelle non atte a servire di bevanda giornaliera, perchè contengono o molta dose di materie saline, come sarebbero le acque del mare e delle fontane salate; o perchè contengono sostanze vegetabili o animali decomposte, che danno loro odore e sapore disgustoso.

E finalmente sotto il nome di *acque minerali o medicinali* si comprendono tutte quelle contenenti dosi più o meno abbondanti di sostanze minerali, come sarebbero sale, zolfo, ferro e simili, per cui si chiamano acque salate, solforose, ferruginose ec., secondo la natura delle sostanze che in dose soverchia contengono. E queste medesime si dicono *medicinali*, perchè si bevono come *medicamento*. Pietosa intenzione di Dio che ha voluto distribuirle in molti punti della terra, e più specialmente in quelle regioni ove si respira aria corrotta, onde venissero modificati i perniciosi effetti che nei visceri degli abitanti ella produce respirandola.

119. **Composizione dell'acqua.** — Conosciute dell'acqua le principali proprietà, e in essa i caratteri generali dei liquidi, il suo modo di essere nella natura, e la sua distinzione secondo le sostanze che in sè tiene disciolte, verrò a parlare della sua intima natura, e così conoscerete, miei cari giovinetti, quali e quanti sono gli elementi che la compongono.

Fino dalla più remota antichità fu essa creduta un elemento; ma verso la fine del secolo passato Cavendish, inglese, e Lavoisier, francese, scoprirono ch'era un corpo composto di due corpi semplici, cioè di *ossigeno,* (che in stato di gas entra pure nella composi-

zione dell' aria atmosferica) e d' *idrogeno*, ch'è quanto dire *generatore dell' acqua*. Ecco una delle grandi scoperte di che si arricchisce la chimica moderna. Vengo a parlarvi dell' *idrogeno*.

120. **Idrogeno.** — Questo gas, che unito in certe proporzioni coll' ossigeno, forma l'acqua, è tra i corpi più diffusi nella natura, ma però sempre combinato ad altri elementi. Pari all' azoto e all'acido carbonico (componenti l' aria atmosferica) non è atto alla respirazione. Entra nella composizione di quasi tutti i vegetabili ed animali, come pure nelle sostanze che da quelli e da questi provengono. È invisibile come l'aria, assai più leggero di questa, e non ha odore nè sapore. Si ha prova della sua leggerezza empiendo di questo gas un cilindro o una campana di vetro, e tenuta la sua apertura rivolta al cielo, dopo brevi istanti il gas è scomparso, e si è elevato nell'aria, la quale, come più pesante, si è precipitata nel cilindro per riempirlo. Al contrario tenendone voltata l' apertura verso terra, il gas vi resta lungo tempo rinchiuso, perchè compresso dallo strato d' aria che gli sta sotto, ed è allora come l' olio che galleggia sull'acqua. Per questa sua naturale leggerezza s' impiegò talvolta per gonfiare i palloni volanti, prima che s' impiegasse a quest' uopo il gas distillato dal carbon fossile. Sono gonfiati di gas idrogeno quei palloncetti di sottilissima membrana, o di gomma elastica, dei quali fassi commercio e che servono di diletto nel vederli galleggiare nell'atmosfera tenendoli legati per un filo, onde non perderli, elevati che si fossero fino alle regioni superiori dell' atmosfera, ove la spinta dell' aria potesse eguagliare il loro peso. A queste proprietà l'idrogeno ne unisce finalmente un'altra che lo distingue da qua-

lunque altro elemento, quella cioè d'infiammarsi al contatto dell'ossigeno atmosferico avvicinandogli un lume acceso; per la qual cosa fu chiamato *aria o gas infiammabile.*

Tale miei cari, la composizione dell'acqua, che per molti secoli fu creduta, come l'aria, una sostanza semplice, e come tale, considerata un elemento della natura.

TRATTENIMENTO XII.

DELLE METEORE AQUEE

SOMMARIO

Meteore aquee. — Nubi. — Altezza delle nubi. — Sospensione delle nubi. — Origine delle nubi. — Nebbie. — Perchè si frequenti le nebbie sui laghi e sui fiumi. — Più frequenti in autunno che in primavera. — Più frequenti nelle basse valli che nelle montagne. — Altri fenomeni spettanti alle nebbie. — Pioggia. — In estate talvolta le gocce della pioggia sono più grosse che in inverno. — Le nubi si abbassano quando il tempo è piovoso. — In quali regioni cade maggior quantità di pioggia. — Utilità degli acquazzoni. — Pluviometro. — Di alcuni fenomeni spettanti alla pioggia, e della sua benefica influenza. — Rugiada. — Sereno. — Brina. — Neve e valanghe. — Gelicidio — Grandine. — Grandinina.

121. **Meteore aquee.** — Si chiamano meteore aquee i fenomeni che si producono nell'atmosfera per effetto dell'acqua; e sono le *nubi*, le *nebbie*, la *pioggia*, la *rugiada*, il *sereno*, la *brina*, la *neve*, il *gelicidio*, la *grandine* e la *grandinina.*

122. **Nubi.** — Le nubi, dette volgarmente *nuvole*, sono ammassi di vapore aqueo trasparentissimo che si svolgono senza che noi li vediamo dalla superficie della terra, e si condensano essi pure in piccolissime goccioline come nelle nebbie, dalle quali differiscono

soltanto perchè occupano le alte regioni dell' atmosfera; e risultano esse pure dalla condensazione dei vapori che s' innalzano dalla terra.

Secondo le apparenze che presentano, si dividono in quattro specie principali, che sono i *cirri*, i *cumuli*, gli *strati* i *nembi*. Nell' appresso figura 61 sono esse rappresentate e contrassegnate colle lettere **A**, **B**, **C**, **D**, i cirri colla lettera **A**, i cumuli colla lettera **B**, gli strati colla lettera **C** e i nembi colla lettera **D**.

I *cirri*, come lo indica la figura, sono piccole nubi biancastre che hanno l'aspetto di sottili filamenti e alquanto somiglianti a lana scardassata. Queste sono le nubi più alte; e atteso il freddo delle regioni che occupano, si ritengono formate da particelle ghiacciate o da fiocchi di neve. La loro apparizione precede sovente un cangiamento di tempo.

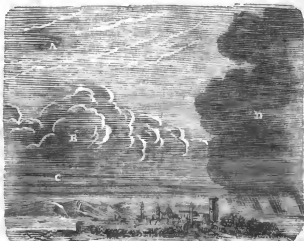



Fig. 61.

I *cumuli* sono nubi arrotondate che presentano l' aspetto di montagne addossate le une alle altre, sono

esse più frequenti in estate che in inverno, e generalmente si dissipano alla sera. Se però verso sera divengono più numerose, e principalmente se sono sormontate da cirri, danno indizio di pioggia o di temporale.

Gli *strati* sono falde nuvolose orizzontali assai larghe e continue, che si formano al tramontar del sole e si dissipano al suo levare. Sono frequenti in autunno e rare in primavera, e sono più basse delle precedenti.

Finalmente i *nembi*, o nubi di pioggia, sono nubi che non presentano alcuna forma caratteristica; si distinguono soltanto per la loro tinta di un grigio uniforme, e pei loro lembi a frange.

123. **Altezza delle nubi.** — L'altezza delle nubi non è possibile precisarla, perchè è molto variabile; contuttociò volendone ritenere una media, può dirsi che essa sia da 1200 a 1400 metri in inverno, e da 3000 a 4000 in estate. Spesso però è molto maggiore, e Gay-Lussac nella sua ascensione aerostatica, nella quale si alzò, come altrove dicemmo, 7016 metri sul livello del mare, osservò al di sopra di sè dei cirri, che sembravano ancora ad una grandissima altezza; mentre D'Abbadie osservò in Etiopia delle nubi temporalesche all'altezza di soli 212 metri al di sopra del suolo. Quando è bel tempo le nuvole sono molto più alte, perchè il vapore delle nuvole è meno condensato, e le goccioline sono molto più piccole; e ancora perchè nel bel tempo l'aria calda tiene una gran quantità di vapore sospeso in forma invisibile. Le creste dei più alti monti sono frequentemente coperte di nubi formate da vapori ivi portati dai venti, e che trovandovi molto freddo, si condensano. Caminando su per

le alte montagne, spesso avviene di traversar delle nuvole che tolgono la vista del sole, e impediscono di vedere le sottoposte pianure. Sopra quelle grandi alture il suolo è sempre bagnato dalle nuvole che vanno a posarvisi, e coll' acqua che contengono, danno alimento alle sorgenti dei fiumi, delle fontane, dei pozzi ec. E così per un effetto della previdenza infinita della natura, nei tempi della più gran siccità, le nuvole sono come canali aerei, pei quali l'acqua si distribuisce sopra tutti i punti della terra.

Osservandole, ci sembrano immobili, ma la loro immobilità è apparente, perchè su quelle cime regna un vento impetuoso che condensa i vapori a misura che si elevano dai fianchi della montagna, e che appena vengono allontanati, si dissipano.

124. **Sospensione delle nubi.** — La sospensione delle nubi si è spiegata in maniera differente, ora però generalmente si ritiene, che essendo, come le nebbie, formate da goccioline d' acqua grandemente piccole, piene e galleggianti nell' atmosfera, sieno ivi sostenute dalle correnti d' aria ascendenti, nello stesso modo che i corpiccioli leggeri sono innalzati dai venti.

125. **Origine delle nubi.** — Ciò che dà origine alle nubi sono più che altro i cambiamenti di vento, quantunque vi sieno ancora certe circostanze di località le quali pure vi contribuiscono.

I venti poi influiscono sulla formazione delle nuvole.

1° Quando una corrente d' aria fredda soffia improvvisamente sopra un paese, ove condensa il vapore invisibile dell' aria in nuvole, in pioggia ed in nebbie.

2° Quando un vento caldo carico di vapore aqueo incontra un vento freddo;

3° Finalmente quando una corrente d'aria calda passa sulla superficie delle nuvole, ne assorbe il vapore e lo disperde. In conseguenza nei paesi ove sono più variabili i venti, piove assai più che in quelli ove minore sia il cambiamento di essi. Della seconda categoria sarebbe per esempio l'Egitto, e della prima l'Inghilterra, la quale essendo esposta alle correnti equatoriali, ossia ai venti caldi dell'equatore, e perciò carichi di vapore aqueo, mentre è fredda l'atmosfera ond'è circondata, vi producono essi le frequenti e fitte nebbie, i grossi nuvoli e le abbondanti piogge.

126. **Le Nebbie.** — Le nebbie sono, come le nubi, masse di vapore aqueo che condensate nell'atmosfera in goccioline di grandissima piccolezza, ne occupano le basse regioni e ne offuscano la trasparenza. Si formano esse quando il suolo umido è più caldo dell'aria. Allora i vapori che ascendono dalla terra si condensano e divengono visibili. Dante medesimo a questo proposito così si esprime nel canto V del Purgatorio:

> Ben sai come nell' aere si raccoglie
> Quell' umido vapor che in acqua riede
> Tosto che sale dove il freddo il coglie.

Questi vapori bagnano chi vi si trova immerso; donde la formazione dell'umido che si attacca ai muri ed ai vetri.

Nelle contrade in cui è umido e caldo il terreno, e umida e fredda l'aria, le nebbie vi sono dense e frequenti; come appunto avviene nell'Inghilterra, le coste della quale sono bagnate da un mare, la cui acqua è più calda dell'aria.

Ivi le nebbie sono di frequente così dense che le persone nelle strade non si vedono fra loro se non

quando sono vicinissime, nè i cocchieri possono con sicurtà guidare i cavalli perchè non li vedono.

Essendo più pesante dell' aria poco si eleva sulla superficie della terra, e non differisce dalle nubi, se non in quanto i vapori che la formano sono per natura loro più pesanti di quelli che formano le nubi.

Quando la nebbia sta sulla terra non spira alcun vento; e basta questo o per disperderla nelle alte regioni dell' atmosfera, o per farla ricader sulla terra.

Se la nebbia si compone di sole molecole aquee non ha alcun odore disgustoso; ma quando vi sono disciolti dei vapori acri e di cattiv' odore, allora è fetida, e nuoce alquanto alla nostra salute.

127. **Perchè si frequenti le nebbie sui laghi e sui fiumi.** — È cosa frequente il vedere le nebbie sui laghi, sui paduli e sui fiumi tutte le volte che l' aria umida e calda ch' è a contatto dell' acqua, sale in ragione della sua leggerezza, e si mescola agli strati superiori e laterali meno caldi e meno umidi. Al contatto dei quali il vapore aqueo prende subito la forma delle piccole goccioline che danno origine alle nebbie; le quali ondeggiano per gli strati inferiori dell' atmosfera, finchè il sole non li disciolga, non li faccia diventare specificamente più leggeri dell' aria, e per essa non si disperdano.

128. **Più frequenti in autunno che in primavera.** — Le nebbie poi sono più frequenti in autunno che in primavera, perchè in questa stagione l' aria è generalmente più asciutta che in autunno; e perchè in primavera, stagione che succede all' inverno, il terreno non è mai riscaldato come in autunno che succede all' estate. In conseguenza il vapore aqueo che si eleva dalla sua superficie, non è condensato dall' aria che

traversa. Questo fenomeno poi è raro in estate, perchè allora la terra è molto asciutta, e l'aria è troppo calda per condensare i vapori.

129. **Più frequenti nelle basse valli che nelle montagne.** — Le nebbie sono più frequenti nelle basse valli perchè l'aria vi è quasi sempre ripiena di vapore aqueo; ed allora basta che l'aria si raffreschi perchè egli passi subito allo stato di goccioline e formi la nebbia. Altra ragione ancora è perchè i venti non possono liberamente penetrarvi e disperdere il vapore che sta mescolato all'atmosfera.

Al contrario sulle montagne l'aria è di consueto asciutta, perchè il sole facilmente ne disperde i vapori, e i venti potendo soffiarvi liberamente, disperdono ed assorbono ogni umidità. Comunque sia però, le nebbie sono generalmente utili all'agricoltura, giovano al suolo e non recano danni alle piante.

130. **Altri fenomeni spettanti alle nebbie.** — Quando le nebbie sono oscurate da grossi nuvoloni, diventano cupe, ed è un segnale di prossimo cattivo tempo, perchè in tal caso l'aria è manifestamente saturata di vapore, per il quale si sono formate le nuvole medesime. Al contrario le nebbie presagiscono il bel tempo quando son bianche, perchè non vengono oscurate da alcuna nuvola. Onde nasce da esse il proverbio che dice: *la nebbia lascia il tempo che trova.*

È pure da avvertirsi che la nebbia non si converte mai in rugiada, perchè impedendo che il calore del suolo si disperda, questo si mantien caldo, sì che la nebbia non può mai raffreddarsi tanto da condensarsi in rugiada. Come pure non si vede mai nebbia nelle giornate di gran freddo e di gelo, perchè quando gela, l'aria contiene meno umidità; e se pur ne venga

qualche poca depositata a superficie del suolo, questa che è molto fredda, subito la congela, e la converte in ghiaccio.

Avrete ancora osservato, miei cari, che non in tutte le notti si forma la nebbia, e che al sorgere del sole generalmente si dilegua, almeno nelle nostre contrade. Questi due fenomeni si spiegano facilmente; il primo, perchè l'aria non contiene sempre i vapori in tanta abbondanza da non poterli tenere invisibili; l'altro perchè il sole riscaldando i vapori formanti la nebbia, li rarefà, ne rimpicciolisce le molecole, e le fa diventar più leggiere; le quali perciò vanno a disperdersi per le regioni superiori dell'atmosfera, e l'aria torna trasparente. Altre volte la dispersione della nebbia avviene per l'azione dei venti, i quali altrove la trasportano, o la sciolgono in vapori invisibili, che rimangono mescolati all'aria senza produrre alcun fenomeno.

131. **Pioggia.** — Appena il vapore si condensa in gocce più grosse di quelle che danno origine alle nubi, formasi la pioggia, la quale è più o meno abbondante, di maggiore o minor durata, secondo le località o le tante circostanze in cui il vapore aqueo, sparso per l'atmosfera, torna allo stato liquido e precipita a basso. La condensazione in gocce più grosse avviene quando sono prese da un nuovo raffreddamento che condensa nuove goccioline sopra quelle già formate, appena una corrente d'aria o altre cause agiscano in vari sensi e squarcino le nubi, o le spingano una contro l'altra.

Talvolta la pioggia cade in maggiore abbondanza sulle montagne che nelle pianure, perchè le goccioline trovando strati atmosferici più caldi, si vaporizzano mentre precipitano sulle valli; e quelle che cadono

sulle montagne, non hanno tempo di vaporizzarsi, perchè trovano un'atmosfera assai meno calda di quella che soprasta alla pianura.

132. **In estate talvolta le gocce della pioggia sono più grosse che in inverno.** — Talvolta in estate le gocce della pioggia sono molto più grosse che in inverno, o perchè l'aria essendo allora satura di vapore aqueo, condensano porzione di questo sopra se stesse, mentre cadono; o perchè il vento riunisce due o più gocce in una sola. In generale poi le gocce più grosse sono quelle che cadono dalle nubi vicine alla terra, perchè sono le più cariche di vapore; come pure vediamo da esse cadere talvolta poche gocce e tosto cessare, perchè una corrente d'aria fredda passando sopra quelle nuvole ne ha raffreddate o agitate le goccioline per modo che, divenute più pesanti, cadono sulla terra in forma di pioggia.

133. **Le nubi si abbassano quando il tempo è piovoso.** — Le nubi poi si abbassano e molto si avvicinano alla terra quando il tempo è piovoso, perchè essendo cariche di vapore, sono ancora più pesanti; e perchè la densità dell' aria è assai diminuita.

134. **In quali regioni cade maggior quantità di pioggia.** — La maggior quantità di pioggia cade nei paesi tropicali ed in quelli vicini ai tropici, nei quali l'acqua che cade nella loro così detta *stagione delle piogge*, soverchia assaissimo quella che cade nei nostri paesi in tutto l'anno. Infatti si attribuiscono a queste lunghe ed abbondanti piogge i periodici straripamenti del Nilo; le cui acque fertilizzano tutte le campagne della Nubia e dell'Egitto.

Generalmente piove più nelle nostre regioni da settembre a marzo che da marzo a settembre, perchè

fra settembre e marzo gli strati atmosferici vanno sempre più raffrescandosi, ed in conseguenza si fanno meno atti a tener sospesi i vapori aquei, dei quali quelli che sovrabbondano cadono in forma di pioggia.

135. **Utilità degli acquazzoni.** — Vi dirò ancora che i così detti *acquazzoni* purificano l'atmosfera perchè l'acqua precipitando, sebbene per brevissimo tempo, in grande abbondanza, disperde le esalazioni maligne che dalla terra si alzano nell'atmosfera. Per essi l'aria delle regioni superiori si rimescola con quella degli strati inferiori; e finalmente la superficie del suolo si rilava, si rilavano le strade delle città, e da esse come dai fossi e dalle fogne è portato via ogni deposito stagnante che esalava odori molesti e nocivi alla nostra salute.

136. **Pluviometro.** — I fisici sono arrivati a misurare la quantità di pioggia che cade annualmente sopra un luogo qualunque per mezzo di un apparato che chiamasi *pluviometro* o *udometro*.

Questo consiste in un vaso cilindrico M (fig. 62) chiuso alla sua parte superiore da un coperchio B che ha la forma di un imbuto nel quale cade l'acqua della pioggia. L'acqua dall'imbuto penetra nell'interno del vaso per un piccolo foro onde sottrarla il più possibile all'evaporazione. Dalla base dell'apparato parte un tubo di vetro A che si ritorce a gomito, e nel quale l'acqua si eleva alla medesima altezza alla quale giunge nell'interno del pluviometro. Quest'altezza vien misurata per mezzo di una scala graduata

Fig. 62.

in millimetri, che sta accanto al tubo, come mostra la figura.

Collocato questo apparecchio in un luogo scoperto, onde possa liberamente cadervi la pioggia, se dopo un mese per es. l'altezza dell'acqua nel tubo è di cinque centimetri, ciò indica che nel vaso pure l'acqua raggiunge quest'altezza; e indica ancora che se l'acqua caduta fosse stesa alla superficie del suolo senza essersi vaporizzata, e senza essersi filtrata nel suolo, ve ne sarebbe uno strato di cinque centimetri.

Questo strumento suol essere in tutti gli Osservatorii astronomici, perchè tra le osservazioni alle quali si applicano gli astronomi, avvi pure quelle intorno alle piogge per conoscere i tempi, nelle quali sogliono queste essere più o meno frequenti, e la quantità d'acqua che ogni anno piove in un paese.

137. Di alcuni fenomeni spettanti alla pioggia, e della sua benefica influenza. — È cosa non insolita veder le nuvole abbassarsi quando il tempo è piovoso. Ciò si spiega considerando che per esser cariche di vapore, sono anco più pesanti; e che venendo a diminuire la densità dell'aria ad esse sottoposta, questa non può sostenerle, le lascia abbassare, e talvolta assai vicino alla terra.

Anco il crepitare che fa la fiaccola dei lumi e delle candele è talvolta indizio di prossima pioggia; e ciò perchè il calore della fiaccola converte in vapore l'umidità dell'aria e pènetra nei fili del lucignolo.

In campagna ove sieno depositi di acqua stagnante, e in città ove sono fogne e depositi di materie putride, si sentono nell'aria odori spiacevoli all'appressarsi della pioggia, perchè l'umidità dell'aria trattiene le particelle volatili che escono da questi luo-

ghi, ed impedisce loro di alzarsi nelle regioni superiori dell'atmosfera. Per questa medesima ragione, entrando d'estate in un giardino, meglio si sente l'odore dei fiori.

Più volte vi sarà occorso di veder le rondini volare più presso terra e strisciarsi lungo le pareti delle case quando la pioggia è vicina; come ancora il fumo che scaturisce dal vertice dei cammini, discendere, anzichè elevarsi nell'aria. Il volare presso terra e lungo le pareti esterne delle case è fenomeno consueto delle rondini, perchè cibandosi esse dei piccoli insetti che volano per l'aria, vanno naturalmente a cercarli là dove ne sono in maggior quantità; e siccome quando vuol piovere questi animaletti stanno vicinissimi alla terra, così vi richiamano le rondini. Stanno essi poi vicinissimi alla terra perchè preferiscono l'aria calda, che allora non trovano nelle regioni superiori dell'atmosfera, ove anzi si è raffreddata.

Si spiega finalmente la discesa del fumo, perchè l'aria essendo allora meno densa non ne agevola l'ascensione come quando ha in se pochissimi vapori; e perchè la sua umidità medesima viene a mescolarsi col fumo, e lo rende perciò più pesante.

Come di tutte le meteore, così delle piogge, grande è la benefica influenza. Imperocchè sono esse, per così dire, le sorgenti della fertilità; bagnano la terra, l'ammolliscono e filtrano nelle sue viscere; servono di canale per farvi ridiscendere i gas fecondatori; richiamano a vita le piante appassite dal sole, portano nel loro interno i succhi che debbono farle vegetare; rinvigoriscono i fiori, e vi riportano la fragranza che nella siccità avevano perduto; i loro steli riacquistano l'elasticità perduta; e le campagne in somma, i giar-

dini e tutta la natura sembra tornare a nuova vita, se dopo una prolungata siccità, cade sulla terra una pioggia abbondante. E tanto è vero che noi troviamo sempre nelle leggi della natura un perfetto sistema di compensazione, che anco delle piogge più dirotte e dei nembi medesimi, assai maggiori sono i vantaggi che i danni; perchè questi sono parziali, e quelli di una utilità universale. Ora parlerò della rugiada.

138. **Rugiada.** — La rugiada altro non è che vapore, il quale, durante la notte, si condensa e si depone sui corpi in forma di goccioline. Questo fenomeno è dovuto al raffreddamento che subiscono i corpi situati alla superficie del suolo per effetto del calorico che esso perde nella notte. Fra l'aria e i corpi succede allora un fenomeno analogo a quello che si produce quando in una stanza calda ed umida si porta un vaso pieno d'acqua fresca; i vapori dell'aria si condensano allora sulle sue pareti, come nel caso della rugiada si condensano sui corpi, quando questi sono più raffreddati dell'aria, che ritiene il calorico ricevuto dal sole nel giorno.

Tre principalmente sono le cause che producono la rugiada; 1° la facoltà che hanno i corpi di mandar fuori della loro sostanza in forma di vapore gli umori che contengono; 2° lo stato del cielo; 3° l'agitazione dell'aria.

Rispetto alla prima causa, quasi tutti i corpi emettono vapore dalla loro sostanza, ma il deposito di rugiada è soprattutto abbondante sulla terra, sulla sabbia, sul vetro e sulle piante perchè perdono essi il calore più presto che gli altri corpi. Depositi abbondanti di rugiada, e che volgarmente sono detti *guazze*, ne avrete forse osservati passeggiando per la campagna nell'au-

tunno prima che il sole abbia prosciugate le piante, che ne sono talvolta così fradice, come se vi fosse allora allora piovuto, specialmente presso i fiumi, i laghi, i paduli; e in generale in tutti i luoghi che per lor natura sono umidi. Anco in estate le rugiade sono più abbondanti che in inverno, perchè maggiore è il calore. La ragione c' indurrebbe a credere che in inverno essendo maggiore l' umidità per la frequenza delle pioggie, vi dovessero essere anco più abbondanti e più frequenti le rugiade; ma siccome alla formazione di queste richiedesi, come abbiamo detto, il cielo sereno, e questo raramente è in inverno, così rare sono in questa stagione le rugiade. Mentre sono frequenti ed abbondanti nelle notti serene di primavera e d' autunno, perchè in queste due stagioni piove più spesso che in estate, il cielo è sereno più spesso che in inverno, e il calore essendo meno intenso che in estate, i vapori che si svolgono dal suolo e dalle acque non potendo ascendere per il loro peso le regioni più alte dell' atmosfera, ricadono sul suolo più presto e più facilmente.

Anche lo stato del cielo esercita, come abbiamo detto, una grande influenza sulla rugiada. Imperocchè se il cielo è senza nubi, non giunge sulla terra che una tenuissima quantità di calorico, perchè si disperde nello spazio, e allora il suolo raffreddandosi rapidamente, avvi un abbondante deposito di rugiada. Ma se il cielo è coperto di nubi, queste, che conservano assai più calorico che non è nelle più alte regioni del cielo, lo tramandano al suolo, ed i corpi alla superficie della terra non ricevendo che un debole raffreddamento, impediscono ogni deposito di rugiada. Infatti si osserva che le rugiade più abbondanti succedono

sempre nelle notti serene, e poco sono bagnate nel mattino le erbe quando il cielo nella notte è stato nuvoloso, perchè le nuvole hanno impedito alla terra la libera trasmissione del calore che aveva dal sole ricevuto nel giorno.

Il vento pure ha una grande influenza sulla quantità di vapore che si deposita; se è debole, aumenta il deposito rinnovando l'aria, ma se è forte, lo diminuisce riscaldando i córpi col suo contatto, e non lasciando all'aria il tempo di raffreddarsi; perchè difatto il vento disperde il vapore appena si è condensato in rugiada, ed impedendo la trasmissione del calore, impedisce pure il raffreddamento. E per questa medesima ragione nei burroni e nelle basse valli i depositi della rugiada sono assai più abbondanti che sulle colline onde sono esse circondate, perchè i venti non possono in quelle, come in queste, impedire che il suolo si raffreddi.

Si osserva ancora che la rugiada è più abbondante sui terreni coltivati che su quelli sterili, perchè i coltivati essendo meno compatti degli altri, perchè rimescolati e lavorati dagli agricoltori, trasmettono liberamente nella notte il calore che hanno assorbito nel giorno. In conseguenza, cominciando dal tramonto del sole, la loro superficie si raffredda, e condensa in rugiada quantità maggiore di vapore aqueo dell'aria. E questo vapore aqueo condensato è talvolta così abbondante, da formare sulla superficie delle foglie tante gocce d'acqua che si direbbe vi fosse piovuto. Anzi di queste gocce se ne vedono delle ben grosse e lucenti sulle foglie, per es., del cavolo e del papavero in forma di tante pallottoline; le quali si muovono sulla superficie di esse senza inumidirla e senza

rimanervi attaccate, perchè è coperta di una polvere finissima simile alla cera, che impedisce al liquido di spandervisi sopra. Lo stesso succede sulle rose, ove l'olio ch' esse contengono impedisce alla rugiada di bagnarle.

Al contrario nei terreni sterili, occupati da rocce, la rugiada è pochissima, e nei deserti dell'Asia e dell' Affrica non si conosce. Savia disposizione del Creatore, il quale avendo dato a tutte le piante la facoltà di raffreddarsi, onde potessero condensare in rugiada il vapore aqueo dell' aria, formasi quella nei soli luoghi produttori di piante, perchè hanno queste bisogno di molta umidità, e spesso morrebbero se mancassero in estate e in autunno i depositi di rugiada alla loro superficie, specialmente in quelle regioni nelle quali piove raramente.

139. **Sereno.** — Il sereno è una precipitazione d'acqua sotto forma di una pioggia minutissima senza che si scorgano le nubi. Questo fenomeno si produce nei paesi umidi, quando dopo un giorno molto caldo; al tramontar del sole gli strati inferiori dell' aria si raffreddano, si condensano i vapori che tengono essi disciolti, e divenuti più pesanti, ricadono sulla terra in forma di tante goccioline simili a minutissima pioggia.

140. **Brina.** — La brina, o brinata, è prodotta, come la rugiada, dai vapori contenuti nell'atmosfera, quando questi si condensano sui corpi per effetto di un grande raffreddamento. Noi la vediamo nelle fredde mattinate d' autunno e di primavera; e deriva, come facilmente comprenderete, dalla medesima cagione da cui nasce la rugiada, poichè la brina non è altro che rugiada congelata; e la forma di fiocchi che presentano le maniere delle quali è formata la brina, dimostrano che i vapori si congelano immediatamente senza

passare per lo stato liquido. La brina come la rugiada si deposita sui corpi che più facilmente perdono il calore ricevuto nel giorno; e così la vediamo sui gambi, sulle foglie delle piante, e di queste principalmente sulle parti rivolte verso il cielo.

La brina nuoce molto alle piante, e nelle nottate serene di primavera le piante utili sono spesso guastate dal freddo; perciò gli ortolani ed i giardinieri hanno cura di proteggere in quella stagione alcune piante dall'azione perniciosa della brina, ed impedire che si gelino, col coprirle di paglia, di tavolati, di giunchi o di tela, le quali cose conservano intorno di esse il calore necessario alla loro vita, impedendone la trasmissione all'atmosfera. Nè rare volte avviene che una brinata distrugga i fiori degli alberi fruttiferi, dai quali ne dovrebbero venire i frutti; ed allora abbiamo in quell'anno o scarsità o mancanza di quei frutti, i cui fiori vennero dalle brinate distrutti. Ma considerate le brine sotto altri effetti che producono, sono esse pure di non lieve utilità agli uomini, perchè uccidono gl'insetti che nella primavera si stanno custoditi entro le uova; ed il freddo distruggendone grande quantità, l'aria e la campagna ne vengono meno infestate nella stagione calda.

141. Neve. — Quando il vapore aqueo si condensa per eccesso di freddo nelle regioni altissime dell'atmosfera, allora invece di passare allo stato liquido e sciogliersi in pioggia, passa allo stato solido e produce la neve. Ciò avviene nell'inverno, perchè i raggi del sole sono sulla terra molto obliqui in questa stagione. Non si conoscono tutte le circostanze necessarie alla formazione dei fiocchi della neve; ma è probabile che si formino e ingrossino congelando il vapore

aqueo che incontrano nell'attraversare gli strati atmosferici.

Comunque sia, il gelo che si forma dal vapore aqueo è diverso da quello che producesi dall'acqua liquida che si fa solida. Però le forme dei fiocchi della neve quasi tutte si riducono ad una specie di stella a sei raggi più o meno complicata, come lo indica l'appresso figura 63.

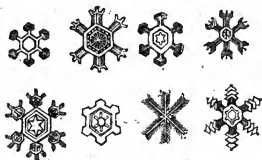



Fig. 63.

Bianchissima come la brina, è pure la neve; ma nei luoghi ove esiste perpetuamente, vedesi talvolta di color rossiccio, non perchè abbia in sè questo colore, ma o perchè certi vermi vi depositano le loro piccolissime uova di tal colore, o perchè un piccolo fungo, chiamato dai botanici *uredo nivalis*, o una piccola alga detta *protococcus nivalis*, hanno la proprietà di vegetar sulla neve.

Sotto l'equatore non nevica mai, mentre in alcuni punti del globo la neve non sparisce neppure in estate; e chiamasi perciò *linea delle nevi perpetue*, quella che segna sui monti il limite a cui la neve in certe epoche dell'anno cessa di mostrarsi; e al di sopra della quale non si discioglie mai tutta quella che

vi è caduta in inverno. Questo limite è determinato dalla latitudine (distanza dall' equatore a un polo), dal calore e dalla durata dell' estate, dalla quantità di neve cadutavi nell' inverno, dalla configurazione delle catene di monti, e dalla direzione dei venti che dominano nelle regioni più elevate dell' atmosfera. Questa linea è più o meno alta sul livello del mare secondo la latitudine dei vari luoghi e secondo il calore e la durata che vi ha l' estate. Quanto più è settentrionale o australe la latitudine, vale a dire quanto più è prossima ai poli settentrionale ed australe, e tanto più bassa è la linea delle nevi perpetue; al contrario nei luoghi meno freddi e nei quali è più lunga l' estate, il limite delle nevi perpetue molto più si avvicina alla sommità delle altissime montagne. Al Chilì per es. il limite delle nevi perpetue è di 5300 metri sopra il livello del mare; sul fianco meridionale dell' Imalaia è di 3900; sulle Alpi di 2630; in Norvegia varia dai 1660 ai 715 metri; e allo Spitzberg finalmente è la superficie medesima delle pianure, dalla quale mai mai si dileguano le nevi.

La neve poi cade nell' inverno perchè i raggi del sole sono sulla terra così obliqui che non ne possono riscaldare la superficie come in estate, nella quale ci sono quasi perpendicolari. E ciò è tanto vero che nelle valli e nei luoghi ove l' aria si raffredda meno in inverno, nevica più di rado che non è sui luoghi elevati e sulle alte montagne.

Come la nebbia, la pioggia e la rugiada, così la neve apporta molti vantaggi alla terra, i quali superano di gran lunga i patimenti della vita miserevole e penosa che per la soverchia abbondanza di neve sono costretti a condurre gli abitanti delle regioni polari. Imperocchè

ricoprendo la superficie del suolo, impedisce nelle fredde notti d'inverno che penetri fino alle radiche e alle barbe delle piante il freddo atmosferico, e che si disperda il calore che il suolo medesimo ritiene; il quale sebbene leggero, pure è bastante a conservare in vita alcune piante, che morrebbero se rimanessero scoperte ed esposte direttamente all'azione dell'aria gelata che regna nelle fredde regioni. Nei nostri luoghi giova a render la terra più fertile nell'estate, e fa meglio germogliare il grano ed altre piante (donde il proverbio che dice sotto *la neve pane*), e distrugge tanti insetti ed animali che sarebbero in estate perniciosissimi alle campagne. Quelle nevi poi che stanno perpetuamente sulle altissime montagne giovano a temperare il caldo ardente in estate, raffreddandone i venti che strisciano sulla loro superficie; e disciogliendosi in parte per l'azione dei raggi solari, servono ad alimentare i fiumi, le sorgenti, le fontane, i laghi in quella stagione nella quale sono meno frequenti le piogge, e grande è l'evaporazione delle acque.

142. **Valanghe.** — Se vi sarà occorso talvolta di prendere della neve, avrete veduto miei cari, che premendola fra le mani, facilmente viene a comprimersi e condensarsi per modo che forma un volume assai minore di quello che occupava caduta sul suolo. Se dopo di esser caduta sul suolo, diminuisce alquanto il freddo atmosferico, si ammollisce, e accostandosi viepiù fra loro i fiocchi, si fa più compatta; mentre un eccessivo freddo la sminuzza in polvere e non è più atta a farne una palla. La condensazione dunque rendendola dopo qualche tempo ch'è caduta, di volume assai minore, ne viene che in qualunque stagione grandemente diminuiscono le enormi masse di neve che

cuoprono la sommità delle alte montagne. Quivi addiviene più densa, si agglomera e quindi rotola giù per la montagna. Lungo lo spazio che percorre viene a condensarsi alla superficie di quella prima massa altra neve, vi si comprime sopra, vi si assoda, e presto forma una massa pesante e così enorme, che nella rapidità del suo precipitare, tronca alberi grossissimi, eccita una violenta agitazione nell'aria, produce un fragore simile a quello del tuono, che l'eco dei monti e delle valli ripete, e talvolta giunta al piano, e seguitando a rotolare, seppellisce interi villaggi. Sono queste le così dette *valanghe*.

La formazione di esse è frequentissima sulle Alpi della Svizzera, ove sono intere valli circondate da monti e affatto deserte, perchè sarebbe per gli svizzeri un andare in contro a sicura morte, se costruissero in quelle pianure le loro capanne. Ed invece, viaggiando per quel paese, vediamo i villaggi sorgere perlopiù in luoghi affatto liberi o meno esposti a cotali disastri.

143. **Gelicidio.** — Il gelicidio è un'altra meteora aquea, e consiste in uno strato di ghiaccio compatto e trasparente che si forma sul suolo alla superficie dei corpi. La condizione necessaria per la sua formazione è che il calore del suolo essendo piccolissimo, dopo alcuni giorni di freddo continuo, cada un poco di pioggia; questa tosto si congela, ma però se la pioggia cade copiosa, il suolo si riscalda ed il gelicidio non si forma.

144. **Grandine.** — La grandine o gragnola è un ammasso di globetti di ghiaccio compatti, più o meno voluminosi, che cadono dall'atmosfera. Nei nostri climi la grandine cade principalmente in primavera e in

estate e nelle ore più calde del giorno. Raramente cade di notte. In generale è fenomeno precursore delle procelle, le quali di rado accompagna; e ancor più di rado le segue. Per ora nessuna teoria spiega in modo soddisfacente la formazione della grandine, e principalmente come possa diventar così pesante prima di cader sulla terra.

Non rare volte apporta essa gravi danni alle campagne sulle quali violentemente precipita; perchè se grossa e abbondante, distrugge le messi e tronca per fino i rami degli alberi. I danni però che arreca sono sempre parziali e mai generali, perchè abbraccia una limitata zona e non mai vastissime estensioni di suolo, come più facilmente fa la pioggia. Di qui il proverbio che dice, la *grandine non porta mai carestia*.

145. **Grandinina.** — Cadono talvolta certi globetti per lo più di forma conica molto più compatti della neve, e molto meno della grandine, i quali per non essere vera grandine, sono distinti col nome di *grandine minuta* o *grandinina*. Questa cadendo non fa il romore della grandine; e si ritiene che una istantanea congelazione delle goccioline delle nubi, derivante da una corrente d'aria freddissima e molto agitata, dia origine a questa meteora, la quale è nei nostri luoghi meno frequente della grandine. Questa grandinina suol cadere in primavera e in inverno, e più di frequente vicino alle coste dell' oceano.

Qui termina per noi lo studio delle meteore aquee e dei fenomeni che succedono nell'acqua e nei vapori aquei, e per effetto di quella e di questi.

Nel prossimo trattenimento ci faremo a parlare del calorico.

TRATTENIMENTO XIII.

DEL CALORICO

SOMMARIO

Ipotesi sulla natura del calorico. — Distinzione fra le parole *calore* e *calorico*. — Effetti generali del calorico. — Temperatura e misura delle temperature. — Termometri. — Termometro a mercurio. — Divisione del tubo termometrico in parti di eguale capacità. — Introduzione del mercurio nel termometro. — Graduazione del termometro. — Differenti scale termometriche. — Termometro ad alcool. — Termometro differenziale di Leslie. — Termometro a massimo e a minimo di Rutherford. — Termometro da bagni. — Usi ed utilità del termometro.

La storia naturale dell'Aria, del Suono e dell'Acqua vi è in parte già nota miei cari giovanetti, e già ne avete ammirate le più singolari particolarità. Dobbiamo ora studiare i fenomeni del calorico, ma siccome questi sono di numero infinito e molti ancora difficili a capirsi nella vostra età, ci limiteremo a parlare soltanto di quelli che sono adattati alla vostra intelligenza, e dai quali possiate trarre, comprendendoli, un utile insegnamento.

146. **Ipotesi sulla natura del calorico.** — Dassi il nome di *calorico* all'agente che fa nascere in noi la sensazione del calore, e che opera eziandio sui corpi inerti, fondendone cioè il ghiaccio, facendo bollire l'acqua, arroventando le pietre, il ferro ed altri metalli.

Ma la natura o la causa di questo calorico non la conosciamo ancora chiaramente. E come succede di tutte le cose non ben conosciute, non ben note al-

l'umano intendimento, molte ipotesi s'immaginarono, due delle quali sussistono ancora nella scienza, e dividono l'opinione dei dotti. Queste due ipotesi formano due sistemi, uno detto *sistema dell' emissione*, l'altro *sistema delle ondulazioni*. Il primo ammette che il calorico sia una materia sottilissima, imponderabile, che circondi le molecole dei corpi, che possa passare da un corpo all'altro e produca i fenomeni del caldo e del freddo, secondo che trovasi in maggiore o minore abbondanza. Secondo questo sistema il calorico esisterebbe in tutti i corpi, combinato colle loro molecole, opponendosi al loro perfetto contatto.

Nel sistema poi delle ondulazioni si ammette che il calorico sia dovuto ad un movimento vibratorio delle molecole dei corpi caldi, il qual movimento si trasmette alle molecole degli altri corpi per mezzo di un fluido grandemente sottile ed elastico, chiamato *etere*, nel quale si propaga, come le onde sonore nell' aria. I corpi più caldi sono allora quelli le cui vibrazioni hanno maggiore ampiezza e maggior rapidità; sicchè l'intensità del calorico altro non sarebbe che l'effetto delle vibrazioni delle molecole. Nel primo sistema, ch'è quello dell'emissione, i corpi che si raffreddano, perdono il calorico, nel secondo, ch'è quello delle ondulazioni, non sono i corpi che perdono il calorico, ma le loro molecole che perdono di moto.

Vi dirò ancora che dietro i progressi della fisica, i dotti inclinano a seguire più il sistema delle ondulazioni, che quello dell'emissione; ma siccome quest'ultimo meglio semplifica le dimostrazioni, così viene in generale preferito alla spiegazione dei fenomeni del calorico.

147. Distinzione fra le parole calore e calorico. — Prima di venir a parlare degli effetti generali del calorico, gioverà distinguere, miei buoni giovanetti, il significato attribuito dai fisici alle parole *calorico* e *calore*, che nel comune linguaggio sogliono essere l'una per l'altra adoperate.

Sappiate dunque che la voce *calore*, sebbene talvolta si usi per indicare la materia del fuoco, è però usata più spesso ad esprimere la sensazione di riscaldamento che essa ci fa provare. E non sembrando cosa conveniente nè esatta confondere sotto lo stesso nome un effetto e la causa che lo produce; si è conservata la voce *calore* per esprimere l'effetto che produce sopra di noi, e la sensazione che ci fa provare la materia del fuoco; e si è creata la nuova voce *calorico* per indicare la causa di questo e di altri effetti, o la materia del fuoco considerata indipendentemente dalla luce. Dunque il calorico è la causa, il calore è l'effetto; il fuoco ed il sole sono la causa del calore che essi ci fanno sentire.

Ciò premesso, veniamo a parlare degli effetti generali di questo calorico.

148. Effetti generali del calorico. — Ritenendo dunque che il calorico sia una sottilissima ed imponderabile materia esistente nelle molecole dei corpi, e che possa trasmettersi da un corpo all'altro, verremo a dire che la sua azione generale è di sviluppare fra le molecole dei corpi una certa forza che dapprima le scosta fra loro, le dilata, e dilatandole accresce dei corpi il volume; poi, aumentandosi l'intensità di questa forza, i corpi cambiano stato, e passano cioè dallo stato solido allo stato liquido, come la cera, il sego, il ghiaccio; o dallo stato li-

quido a quello di fluido aeriforme, come l'acqua, il vino ec.

Dunque ritenete, miei cari, che tutti i corpi per effetto del calorico si dilatano; che i più dilatabili sono i gas, poi i liquidi, e quindi i solidi.

149. **Temperatura e misura delle temperature.** — Per ovviare ogni incertezza di giudizio, e per conoscere fin da ora il significato di una parola che in seguito ci avverrà di adoperare con qualche frequenza; diremo che cosa intendono i naturalisti di esprimere col vocabolo *temperatura.*

Per temperatura dunque di un corpo intendono essi lo stato attuale di calorico sensibile in questo corpo senza aumento nè diminuzione. Dico senza aumento nè diminuzione, perchè se il grado di riscaldamento, ovvero la quantità di calorico sensibile, aumenta o diminuisce; allora dicesi che la temperatura si eleva o si abbassa. Si eleva se essa aumenta, si abbassa se diminuisce. E siccome i nostri sensi non sono così perfetti da misurare la temperatura dei corpi e valutarne le variazioni dietro le sensazioni più o meno vive di caldo o di freddo che eccitano in noi, si dovette ricorrere alla costruzione di uno strumento, la cui invenzione è dovuta al Galileo prima del 1597, quantunque siasi da alcuni scritto che Drebbel, medico olandese ne avesse data una prima idea. A questo strumento fu dato il nome di *termometro*, che significa *misuratore del caldo, ossia della temperatura dei corpi.* Ma se a Galileo è dovuta senza dubbio la gloria dell' invenzione, altri fisici meritarono l'altra di averne modificata la forma e averlo portato alla perfezione attuale.

150. **Termometri.** — Vi ha più sorta di termometri, ma quasi tutti fondati sulle dilatazioni e con-

trazioni che il calorico produce nei corpi, le quali sono ben facili ad essere osservate, appena che esso aumenti o diminuisca; poichè nelle dilatazioni è aumento di calorico, e nelle contrazioni all' opposto è diminuzione.

Fra tutti i corpi quelli che meritano la preferenza nella costruzione dei termometri, sono i liquidi, perchè i solidi non sono abbastanza dilatabili, ed i gas lo sono di troppo. Tra i liquidi poi quelli adottati esclusivamente sono il mercurio, (come nel barometro) e l' alcool o spirito di vino. Si adopra il mercurio perchè per farlo bollire e sciogliere in gas vi è bisogno di portarlo ad una temperatura assai elevata; si adopra l' alcool perchè non gela, ovvero non si solidifica mai, nemmeno sotto l' azione delle più basse temperature da noi conosciute: ch' è quanto dire al freddo più intenso che si conosca.

151. **Termometro a mercurio.** — Il termometro poi usato più comunemente è quello a mercurio. Si compone esso di un tubo di cristallo sottilissimo, detto perciò capillare, perchè il foro interno che ha nella sua lunghezza è così sottile che si paragona ad un capello. Il tubo nella sua parte inferiore tiene saldato un serbatoio di forma cilindrica o sferica, esso pure di cristallo e destinato a contenere il mercurio. Il serbatoio si salda al tubo riscaldando e arroventando l' uno e l' altro alla fiaccola di una lucerna, poichè il vetro o il cristallo arroventato che sia, divien malleabile come una pasta, e gli si dà la forma che vogliamo. Il serbatoio ed una parte del tubo sono riempiti di mercurio, ed una scala graduata o sul tubo medesimo o sopra una piccola lastra di metallo o di legno o di lavagna a lui fissata e paral-

lela fa conoscere le dilatazioni e le contrazioni del liquido. Altrove noi vedremo la fignra che rappresenta il termometro a mercurio; intanto occupiamoci della sua costruzione.

La costruzione di un termometro comprende tre operazioni, e sono; 1° la divisione del tubo in parti di uguale capacità, 2° l'introduzione del mercurio nel serbatoio, 3° la graduazione. Queste tre operazioni richiedono molta esattezza ed assai tempo; l'una e l'altra crescono e diminuiscono respettivamente alla maggiore o minor pratica che abbia il fabbricante di siffatti strumenti.

Entrare in tutte le specialità di queste operazioni non possiamo; tuttavia trattandosi di uno strumento che è per le mani quasi di tutti, e in moltissime case si vede, mi adoprerò a darvene in qualche modo un' idea.

152. **Divisione del tubo termometrico in parti di uguale capacità.** — Per dividere il tubo termometrico in parti di uguale capacità, si prende una canna di cristallo da termometri ove non sia ancora saldato il serbatoio e vi si introduce un poco di mercurio, e con questo si procura di verificare se la sua capacità è dovunque la medesima, vale a dire se quel poco di mercurio, facendolo volta per volta scorrere giù giù pei diversi punti del tubo, mantiene una sola e medesima lunghezza. Si comincia dal fissar bene la lunghezza della piccola colonna di mercurio nella sua prima posizione, cioè ad una estremità del tubo medesimo, come l'indicano i due punti A B nell' appresso figura 64. La lunghezza della colonna di mercurio si misura sopra un regoletto diviso in millimetri, sul quale si applica il tubo ogni volta che si è fatta scorrere

entro di esso la colonna medesima. Misuratane la prima volta la lunghezza e veduto di quanti millimetri ella è, si segna con matita sul tubo il punto B ove termina la colonna; e poi facendola scorrere tanto che cominci ove essa finiva nella sua prima stazione, si torna a misurarne la lunghezza B C col regolo a millimetri; e così si continua a ripetere le medesime operazioni, segnando di mano in mano sul tubo ciascuna lunghezza, come lo indicano nella figura gli spazi successivi C D, D E, E F, F G. Questi se saranno tutti di capacità uguali, vale a dire se il mercurio avrà trovato in essi uno spazio eguale, le lunghezze della sua colonna avran dovuto essere necessariamente eguali, perchè ricevute in recipienti di uguale capacità. Se in tal modo si scorge che la colonna di mercurio nelle sue stazioni A B, B C, C D, D E, E F, F G si è fatta ove più lunga e ove più corta, si cerca un tubo più regolare e si ricomincia l'operazione. Or ora vedremo che mediante queste divisioni si ottiene un'esatta graduazione della scala, suddividendola cioè in parti più piccole.

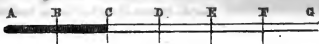



Fig. 64.

153. Introduzione del mercurio nel termometro. — Fatta questa prima operazione, si passa alla seconda, ch'è l'introduzione del mercurio nel termometro. Ma prima di eseguirla, convien saldare ad un'estremità del tubo trovato regolare un serbatoio S (fig. 65), cilindrico o sferico, come abbiamo già detto. Saldato questo, si passa a saldare nell'altra estremità

del tubo medesimo un piccolo imbuto A esso pure di vetro. Si versa in questo del mercurio, poi inclinato un poco il tubo, come indica la figura, si fa dilatare l'aria ch'è nel serbatoio, riscaldandolo o al fuoco, o con una fiaccola di spirito di vino F. L'aria dilatata dal calorico esce tosto dall'imbuto. Se allora si lascia raffreddare il tubo, e lo teniamo in una posizione verticale, l'aria rimastavi dentro si contrae, e la pressione atmosferica costringe il mercurio ad entrare nel tubo B quantunque capillare, e penetrare nel serbatoio S. Ma il mercurio cessa presto di penetrare nel serbatoio, e riman sospeso nel tubo, perchè l'aria che ancora si trova nel serbatoio, per la diminuzione di volume, ha preso una tensione capace di far equilibrio al peso dell'atmosfera ed a quello della colonna di mercurio che trovàsi nel tubo. Allora arroventando di nuovo il serbatoio, il mercurio tosto si rigonfia e bolle, riempie il vacuo dei suoi vapori, i quali misti al residuo dell'aria, attraversano gorgogliando il mercurio dell'imbutino e si sciolgono in fumo. Lasciando quindi raffreddar l'apparato, vi entra una nuova quantità di mercurio, e così di seguito fintanto che non vi si trovi che un volume d'aria piccolissimo. Per discacciarnela si riscalda il serbatoio fino al punto di far bollire il mercurio; e allora i vapori di mercurio elevandosi nel tubo cacciano fuori l'aria e l'umidità che può ancora trovarsi nel tubo e nel serbatoio.

Fig. 65.

Riempito così di mercurio lo strumento, si toglie l'imbuto e si chiude il tubo saldandone l'estremità alla fiaccola di una lampada che su quel punto del tubo si manda vibrata e con forza soffiandovi dentro con un sottil cannello di ottone, del quale un'estremità si tiene in bocca, e l'altra immersa nella fiamma. All'azione violenta di essa il vetro s'incalorisce, divien malleabile ed il tubo viene perfettamente a chiudersi e ad impedire il passaggio dell'aria. E perchè questa non entri nel tubo mentre se ne chiude l'estremità, si ha cura di riscaldare il serbatoio in modo che il mercurio dilatato ascenda fino all'estremità del tubo medesimo al momento in cui lo chiudiamo. In tal modo non rimane aria nel termometro; condizione necessarissima, altrimenti l'aria compressa, quando il mercurio si alza, potrebbe frangere il tubo.

154. **Graduazione del termometro.** — Dopo aver riempito il termometro, resta a farsi la terza operazione, cioè la graduazione. Consiste questa nel segnare sopra una lista di carta previamente fissata al cannello una scala composta di tante linee, mediante le quali si possano valutare le variazioni di temperatura. Questa scala è chiamata *scala termometrica*, la cui costruzione è dovuta al principe Ferdinando II dei Medici.

Per far questo, avendo l'esperienza dimostrato che la temperatura del ghiaccio mentre si liquefà, è sempre la medesima, com'è pure la medesima quella dell'acqua distillata allorchè entra in ebollizione, si prese per primo punto fisso della scala la temperatura della fusione del ghiaccio, e si segnò con uno zero. Per secondo punto fisso fu presa la temperatura d'ebollizione dell'acqua, e si rappresentò con 100. La fissazione di questi due punti fissi, che apportarono

all' istrumento un' importantissima modificazione, vuolsi che sia dovuta a Carlo Renaldini d' Ancona. La graduazione dunque del termometro comprende la determinazione dello zero, quella del punto 100 e la divisione della scala.

Per trovare lo zero si riempie di ghiaccio frantumato, o di neve, un vaso forato acciò ne scorra via l' acqua proveniente dalla fusione del ghiaccio; s' immerge il serbatoio del termometro e parte del cannello in questo ghiaccio, e vi si tiene per circa un quarto d' ora. E visto a qual punto del tubo rimane fermo il mercurio per tutto quel tempo (perchè del cannello se ne tiene immerso tanto che il mercurio possa elevarsi al di sopra del ghiaccio) si fa con la matita sulla lista di carta un segno corrispondente al livello del mercurio. Questa è la posizione dello zero.

Per determinare il secondo punto fisso ch' è il 100, si colloca il termometro fino ad una certa altezza entro un vaso apposito di metallo il quale contenendo dell' acqua e venendo collocato sui carboni ardenti di un fornello, l' acqua entra in ebollizione, i suoi vapori bollenti vanno a circondare il cannello, e fanno elevare il mercurio fino ad una certa altezza nella porzione di cannello che resta fuori del vaso; e qui rimanendosi fermo il mercurio, mentre il serbatoio e l' altra porzione del tubo stanno tuttavia immersi nel vapore bollente, si fa un segno sulla medesima lista di carta, corrispondente al livello del mercurio. Questa è la posizione del 100.

Trovati questi due punti fissi, si passa finalmente a costruire la scala. Questa ultima operazione della graduazione si eseguisce dividendo l' intervallo, che separa i due punti fissi ottenuti, in 100 parti eguali,

che, come quelli del barometro, si chiamano *gradi*. Sicchè abbassandosi il mercurio fino a zero, indica essere la temperatura eguale a quella della fusione del ghiaccio, la quale si esprime dicendo, *zero temperatura*. All'opposto elevandosi la colonna termometrica a 100, indica la temperatura al grado dell'acqua bollente. Il termometro così graduato è detto il *termometro centigrado*, perchè la sua scala è divisa in 100 gradi.

La scala comunemente è segnata in tante linee orizzontali e coi numeri ad esse corrispondenti di 0, 5, 10, 15, 20, 25, ec. fino a 100 al di sopra dello zero, e con 5, 10, 15, ec. al di sotto dello zero, o sopra la lastra sulla quale è fissato il cannello di vetro, come accenna la figura 66; oppure sono segnate sul vetro medesimo. E acciocchè queste sieno permanenti sul vetro o sul cristallo, si ricopre il tubo con uno strato di certa vernice, poi con una punta d'acciaio si segnano sulla vernice i segni della scala, come pure le cifre corrispondenti. Si espone finalmente il tubo per breve tempo ai vapori di un acido detto fluoridrico, che ha la proprietà d'intaccare il vetro, e così restano impresse le incisioni in tutti quei punti dai quali la punta d'acciaio aveva levato la vernice.

155. **Differenti scale termometriche.** — Nella graduazione dei termometri si distinguono tre scale; cioè la scala centigrada, la scala di Réaumur, e la scala di Fahrenheit.

La centigrada è quella di cui abbiamo già parlato e fu costruita la prima volta da Celsio, fisico svedese che morì nel 1744.

La seconda è detta scala di Réaumur perchè ne fu egli il primo costruttore; e in altro non differisce da quella di Celsio se non che l'intervallo fra i due

punti corrispondenti alle temperature del ghiaccio che si fonde e dell' acqua che bolle, anzichè in cento, è diviso in ottanta gradi. Laonde 80 gradi di Réaumur equivalgono a 100 gradi centesimali di Celsio. Un grado Réaumur eguaglia dunque a 100 ottantesimi ossia 5 quarti di grado di Celsio; e reciprocamente un grado di Celsio equivale a 80 centesimi ossia 4 quinti di grado di Réaumur. In conseguenza se volete ridurre 20 gradi per es. di Réaumur in gradi di Celsio, moltiplicherete il 20 per 5 quarti ed avrete 25, ch' è quanto dire 20 volte 5 quarti. In egual modo per convertire 25 gradi di Celsio in gradi di Réaumur, moltiplicherete il 25 per 4 quinti ed avrete 20 ch' è quanto dire 25 volte 4 quinti. Dunque ne dedurrete che 20 gradi nella scala di Réaumur equivalgono ai 25 della scala di Celsio. Infatti collocando questi due termometri entro un vaso d' acqua che sia calda a 20 gradi di Réaumur, quello di Celsio ne segnerà 25. Nell' appresso figura 66 sono notate ai due lati del tubo termometrico le scale di Celsio e di Réaumur; in esse potete vedere la differenza che nella distanza dei gradi passa fra loro, e conoscere ancora in quale rapporto stieno i gradi di una scala con quelli dell' altra.

Fig. 66.

La terza scala termometrica, differente dalle due summentovate, è quella di Fahrenheit; così chiamata dal nome di questo scenziato di Danzica che la costruì nel 1714; ed è comunemente adoprata in Olanda, in Inghilterra e nell'America settentrionale.

Questa scala segna gradi di temperatura molto più bassa che non fanno quelle di Réaumur e di Celsio. Il punto fisso superiore di essa corrisponde come nelle altre alla temperatura dell'acqua bollente; ma lo zero corrisponde al grado di freddo che si ottiene mescolando due pesi eguali di un sale, detto ammoniaco, triturato, e di neve; le quali sostanze danno una temperatura assai più bassa che non dà il ghiaccio mentre si liquefà; ch'è quanto dire un freddo molto più intenso. L'intervallo fra questi due punti fissi Fahrenheit lo ha diviso in 212 gradi; e collocando il suo termometro nel ghiaccio che si fonde, il mercurio segna 32 gradi anzichè zero; perciò 100 gradi centesimali equivalgono in gradi di Fahrenheit a 212 meno 32 ossia a 180. Dunque un grado di Celsio vale 180 centesimi ossia 9 quinti di grado Fahrenheit; e reciprocamente un grado Fahrenheit eguaglia 100 centottantesimi, ossia 5 noni di grado di Celsio.

156. **Termometro ad alcool.** — Il termometro ad alcool differisce da quello a mercurio solamente perchè è pieno d'alcool colorato in rosso con una sostanza detta oricello. Ma siccome l'alcool bolle non a 100 ma a 78 gradi del centigrado, se in questo dividessimo in 100 gradi l'intervallo fra i due punti fissi, avremmo un termometro che sarebbe d'accordo con quello a mercurio soltanto a zero ed a 100 gradi, ma sarebbe in dietro di parecchi gradi; poichè si osserva che egli segna appena 44 gradi quando il ter-

mometro a mercurio ne segna 50; e ciò perchè la dilatazione dell'alcool e dei liquidi è tanto meno regolare quanto più si avvicinano al loro punto di ebollizione.

Ma per ovviare a questo inconveniente, la graduazione del termometro ad alcool si fa comparativamente a quella di un termometro a mercurio, riscaldandoli insieme gradatamente in un bagno, e segnando successivamente sopra quello ad alcool le temperature indicate dal termometro a mercurio. Il termometro ad alcool, così graduato è paragonabile a quello a mercurio, vale a dire segna le medesime temperature quando è collocato nelle medesime condizioni.

Il termometro ad alcool è specialmente adoperato per misurare le temperature molto basse, poichè questo liquido, come abbiamo detto, non si congela esposto anco ai freddi più intensi che si conoscono.

157. **Termometro differenziale di Leslie.** — Oltre i termometri summentovati, i quali d'altronde non diversificano fra loro che nella graduazione, Leslie, fisico scozzese, morto nel 1832, costruì un termometro ad aria, ch'egli chiamò *termoscopio*, o *termometro differenziale*, perchè destinato a far conoscere la differenza di temperatura di due luoghi vicini.

Questo apparato è molto differente nella forma dai summentovati, e si compone di due bolle di vetro A B (fig. 67) piene d'aria ed unite da un tubo incurvato fissato ad una tavoletta C C. Prima di chiudere l'apparato, vi s'introduce un liquido che per lo più è un acido detto solforico, misto ad altra sostanza che lo colorisce in rosso, onde meglio scorgerlo attraverso il cristallo. Questo liquido è in quantità sufficente per riempire il ramo orizzontale D e la metà circa dei

rami verticali. Chiuso dipoi l'apparato, si fa passare dell'aria da una bolla nell'altra, riscaldandole inegualmente, fintantochè tornate le due bolle alla medesima temperatura, sia eguale il livello del liquido nei due rami verticali, ch'è quanto dire si elevi in essi alla medesima altezza. Si segna allora uno 0 (zero) a ciascuna estremità della colonna liquida; e poi scaldando l'aria di una bolla 10 gradi più di quello dell'altra, per es. la bolla A, succede che l'aria dilatandosi, spinge il liquido nell'altro ramo e ve lo fa alzare quanto nell'altro si abbassa. Allora nel punto ove il liquido riman fermo si segna 10 sulla tavoletta di ambedue i rami del tubo; poi si dividono gl'intervalli da zero a dieci in 10 parti eguali, e si continuano così le suddivisioni al di sopra e al di sotto dello zero, lungo ciascun ramo, come lo indica l'appresso figura.

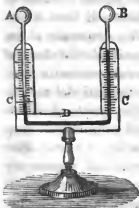



Fig. 67.

158. **Termometro a massimo e a minimo di Rutherford.** — Spesse volte occorre agli astronomi ed ai fisici di dover conoscere la più alta temperatura del giorno e la più bassa temperatura della notte. Per conoscerle coi termometri ordinari, bisognerebbe stare in continua osservazione sopra di loro, il che non potrebbe farsi da alcuno. Fra i molti strumenti che si costruirono per servire a questo bisogno, il più semplice è quello di Rutherford, chiamato *termometro a massimo e a minimo*, perchè indica appunto la massima e la minima temperatura dell'atmosfera.

Consiste in una lastra rettangolare L, L (fig. 68) sulla quale sono fissati due termometri, i cui tubi sono orizzontalmente incurvati. Il primo termometro A è a mercurio, il secondo B è a spirito. Entro il tubo di quello a mercurio è un piccolo cilindro di ferro A che può scorrere liberamente nel tubo. Lo strumento si tiene disposto orizzontalmente. Questo cilindretto che serve da indicatore, messo a contatto coll' estremità della colonna di mercurio, viene spinto innanzi dal mercurio medesimo di mano in mano che questo si dilata per effetto del calorico. Diminuendo il calorico dell'aria, diminuisce la dilatazione del mercurio, e allora questo si ristringe, e lascia il cilindretto sul punto ove l'aveva sospinto, perchè non è alcun' aderenza fra il mercurio ed il ferro. Laonde il punto in cui si ferma, segna la più alta temperatura di quel giorno, che nella figura segna quasi 31 grado.

Il termometro inferiore è a minimo; il liquido che esso contiene è spirito, e vi è totalmente immerso un

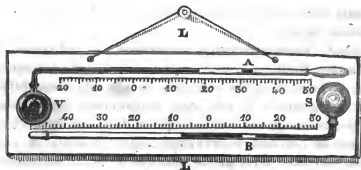



Fig. 68.

cilindretto di smalto B che serve al medesimo ufficio dell' altro A. Ora se la temperatura si abbassa mentre

il cilindretto si trova all' estremità della colonna liquida, questa ristringendosi, non lo lascia, ma lo trascina seco perchè lo spirito, facendosi alquanto più denso per effetto del freddo, aderisce alla superficie dello smalto; e così questo si avanza fino al punto in cui avviene la massima contrazione del liquido. Al contrario quando la temperatura si eleva, lo spirito si dilata, passa tra la parete del tubo e il cilindretto senza che questo si sposti. Per conseguenza l' estremità del cilindretto, opposta al serbatoio S, indica la più bassa temperatura a cui giunse lo strumento, come quella del cilindretto A opposta al serbatoio V la massima temperatura.

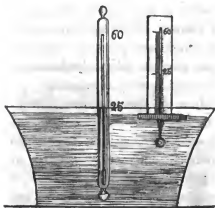
Ecco la doppia utilità che abbiamo da questo strumento, tanto più ammirabile per la sua semplicità e facilità, colla quale se ne comprende il meccanismo e l' azione.

159. **Termometro da bagni.** — Il termometro da bagni è fatto esso pure col mercurio, e così chiamato perchè si adopra per conoscere a qual grado di temperatura sia l' acqua di un bagno; il che massimamente giova agl' infermi allorchè venga loro prescritto dal medico di far bagni in acqua che sia ad un determinato grado di temperatura.

Questo utile strumento è di due maniere; uno, ed è il più lungo nella fig. 69, non differisce dal termometro a mercurio già descritto, se non in quanto ad essere il tubo termometrico entro un cilindro di cristallo più lungo è assai più largo del tubo. Questo, o e graduato alla sua superficie sul vetro medesimo e nel modo che abbiamo detto di sopra, o nell' interno del cilindro sta collocata una lista di carta avvoltata, sulla quale è segnata la graduazione e legato il tubo, che

rimane perciò ermeticamente chiuso nel cilindro medesimo.

Allorchè vuolsi adoprare questo termometro, si immerge nell'acqua della tinozza, ove non precipita a fondo, come indica la figura, ma vi rimane immerso verticalmente perchè equilibrato dal peso del mercurio, che riempie la piccola sfera inferiore e porzione del tubo. Vi sta poi immerso fino ad un certo punto perchè l'aria che si contiene fra il tubo e il cilindro, essendo più leggera dell'acqua, ve lo sostiene senza bisogno di esservi tenuto, com'è necessario, se in mancanza di questo, ci serviamo del termometro a mercurio o ad alcool, destinato a stare appeso alle pareti. Per conoscere la temperatura del liquido sarà necessario che il termometro vi stia immerso per qualche tempo, onde il calorico passi dalle pareti del cilindro all'aria, da questa al tubo del termometro, e di qui al mercurio; perciò si usa tenerlo nell'acqua mentre che questa si scalda.

Fig. 69.

L'altra maniera di termometro da bagni è più corto; e consiste in un tubo di vetro fissato ad una sottile e leggiera assicina, sulla quale sono segnati i gradi. L'assicina riposa sopra un pezzo di sughero, che impedisce al tubo e all'assicina di andare a fondo della tinozza; e la sfera che, piena di mercurio sta immersa nell'acqua, equilibra l'apparato, e lo tiene vertical-

mente sulla superficie del liquido, dove non sta immerso che la sfera ed una piccola porzione del tubo.

160. **Usi ed utilità del termometro.** — Molti sono e di grandissima utilità gli usi del termometro. Si tiene esposto all'aria ambiente per vedere le variazioni di temperatura che in essa succedono; il perchè lo troverete in tutti gli osservatorj astronomici, nei gabinetti di fisica, e nei laboratorj di Chimica. Con esso si è potuto conoscere la differenza ch'è di temperatura fra le pianure e le alte regioni atmosferiche cui giungono le sommità delle montagne. Si è con esso verificato che nei luoghi sotterranei e nelle cantine esiste una temperatura quasi eguale in tutte le stagioni, cioè di circa dieci gradi sopra zero, ragione per cui ci sembra che in estate vi sia fresco, perchè l'aria esterna è più calda; e in inverno vi sia caldo, perchè l'atmosfera esterna è più fredda.

Il termometro si tiene appeso alle pareti interne delle case, nelle camere degl'infermi e negli spedali, onde poter regolare la temperatura delle camere e mantenerla al grado che più conviene ai miseri infermi. Si tiene nelle bigattiere per regolare ivi pure la temperatura, onde i bachi da seta non soffrano se troppo elevata o se troppo bassa; e così ottener da essi miglior raccolta di seta. E finalmente si tiene appeso in tutti quei laboratorj ove richiedesi un grado costante di temperatura, sì per fare esperienze naturali, come per ottenere la perfezione che vuolsi negli oggetti che vi si costruiscono.

TRATTENIMENTO XIV.

CONTINUA DEL CALORICO

SOMMARIO

Dilatazione dei solidi. — Fenomeni naturali per dilatazione dei solidi. — Applicazioni della dilatazione dei solidi. — Dilatazione dei liquidi. — Massimo di densità dell'acqua. — Come avviene il raffreddamento dell'acqua. — Dilatazione dell'aria e dei gas. — Fenomeni naturali per dilatazione dell'aria e dei gas.

161. **Dilatazione dei solidi.** — Voi già sapete miei cari giovanetti che tutti i corpi tanto solidi che liquidi ed aeriformi per effetto del caldo si dilatano. Ora aggiungeremo che i liquidi e i gas si dilatano in volume soltanto, e nei solidi si accrescono le dimensioni in volume e in lunghezza. La dilatazione in lunghezza si prova nei metalli; e questa è chiamata dai fisici *dilatazione lineare dei metalli;* ovvero dilatazione secondo una sola dimensione; a provar la quale si adopra un apparato pressochè simile alla figura 70.

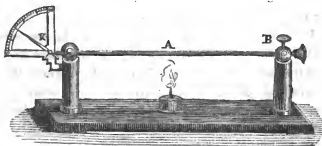



Fig. 70.

Consiste esso in un bastone di ferro A, tenuto fermo in una estremità da una vite B, e libero dall' al-

tra colla quale viene a toccare il braccio più corto di una lancetta K che si muove sopra un quadrante. Scaldando con una fiaccola a spirito il bastone, questo si allunga, allungandosi viene a pigiare sul braccio della lancetta, la quale si muove ed ascende su pel quadrante per modo che l'allungamento del bastone si fa sensibile a chiunque.

Questo in quanto all'allungamento dei metalli. Per provare poi la loro dilatazione in volume, potrebbesi prendere un bastone di ferro che in una estremità prenda la forma di cono; e per questa introdurre un anello parimente di ferro, il quale scorrerà sull'asta metallica fino al punto in cui abbia essa un diametro eguale a quello dell'anello. Segnate il punto sul quale si è arrestato l'anello e poi scaldate l'asta al fuoco, quindi introducetevi di nuovo l'anello, e vedrete che questo non arriva più a toccare il punto ove arrivava quando l'asta era fredda. Segnate questo secondo punto ancora, raffreddate quindi il bastone, scaldate ben bene l'anello, tornate a misurarvelo, e vedrete che oltrepasserà non solo il punto sul quale si era arrestato la seconda volta, ma oltrepasserà ancora il primo segno. Nel primo caso si accrebbe la grossezza del bastone, nel secondo si dilatò la circonferenza dell'anello.

Primi a dimostrare con esperimenti quest'attitudine che hanno i corpi a dilatarsi per effetto del fuoco, furono gli Accademici fiorentini del Cimento, i quali ebbi occasione di nominarvi altra volta, quando cioè vi parlava dell'acqua.

162. Fenomeni naturali per dilatazione dei solidi. — Molti fenomeni succedono naturalmente per effetto della dilatazione dei corpi solidi, e dei quali voi non sapete forse, miei cari, conoscer le cause.

Gli orologi a pendolo, per es. che stieno in stanze molto riscaldate in inverno, generalmente vanno in dietro, come si suol dire, perchè il pendolo che li regola, dilatato dal calore, si allunga, allungandosi oscilla, ossia va da destra a sinistra più lentamente, e oscillando più lentamente, si fa pure più lento il moto delle lancette. In questo caso bisogna scorcire il pendolo, girando da sinistra a destra il disco metallico che sta in fondo al pendolo, ed allora le sue oscillazioni saranno più accelerate. Il disco poi si girerà intorno alla vite in senso inverso, se l'orologio anderà avanti perchè il freddo abbia contratte le molecole metalliche del pendolo.

Accendendo il fuoco entro stufe di ferro, si ode scoppiettare il ferro, perchè il calore lo fa dilatare e le sue particelle vengono ad urtare l'una contro l'altra. Succede lo stesso del tubo di ferro se accendiamo un gran fuoco entro una stufa di terra.

In una stanza molto riscaldata i cristalli dei quadri appesi alle sue pareti talvolta si spaccano se, stando stretti nella cornice, il calorico li dilata. Lo stesso avviene dei cristalli delle finestre esposte al sole in estate, se entro al canaletto ove stanno collocati non trovano spazio allorchè per l'azione del sole vengono a dilatarsi. Onde la necessità che i cristalli o di quadri o di finestre o di sportelli di suppellettili sieno alquanto minori allo spazio che li deve contenere.

I bicchieri di cristallo, le chicchere di terraglia ec. spesso avrete veduto rompersi versandovi ad un tratto un liquido bollente, perchè se ne dilata ad un tratto la parte inferiore prima della superiore; e all'opposto se dopo averlo riscaldato, repentinamente si raffredda. Parimente mettendo un bicchiere sul fuoco o sopra un

fornello molto incalorito, se ne stacca il fondo perchè la parte più prossima al fuoco essendo la prima a dilatarsi, si stacca prima che il calore si sia comunicato alle parti superiori, essendo il vetro un cattivo conduttore del calorico. Come pure avrete veduto non rade volte spaccarsi i cilindri di cristallo che si mettono intorno alla fiaccola dei lumi, quando questa per esser troppo grande, ha troppo incalorito il cristallo, o quando questo venga a pendere in un punto sulla fiaccola medesima, per modo che sia ivi più incalorito che nel rimanente della sua superficie.

163. **Applicazioni della dilatazione dei solidi.** — La dilatazione dei solidi per effetto del caldo, ed il loro contrarsi e ristringersi per effetto del freddo offre, miei cari, parecchie considerazioni nell' esercizio delle arti; e suggerisce ancora degli utili rimedi in alcune circostanze della vita.

Le gratelle dei fornelli, per es. non debbono essere troppo esattamente incastrate alle loro estremità, ma libere almeno ad una, acciocchè dilatandosi non smovano i mattoni del fornello. I pezzi di cui si formano le rotaie delle strade ferrate avrete forse veduto che non stanno fra loro esattamente a contatto; perchè se ciò fosse, la forza di dilatazione le incurverebbe di distanza in distanza, o spezzerebbe i guancialini o sostegni di ferro che stanno ai loro lati per tenerle ferme.

Non rade volte avviene che le boccette con turacciolo di cristallo per essere state chiuse con troppa forza, non più riesce di sturarle. Succedendovi questo fatto, voi renderete servibile la boccetta, approfittando della proprietà che hanno i corpi solidi di dilatarsi riscaldandoli. E in questo caso voi non avrete che a versare

un poco di spirito di vino intorno al tappo sull' orlo della boccetta, dargli fuoco, e appena spenta la fiamma, colla mano avvolta in un panno per non bruciarvi le dita, tentennate leggermente il tappo; e vedrete che tosto cederà alla vostra forza, e sturerete la boccia. Il che avverrà perchè il collo della boccetta scaldato dalla fiamma dello spirito, a poco a poco si è dilatato, e fattosi più largo, ha lasciato libero il tappo di vetro che vi era innanzi fortemente costretto. Non avendo spirito di vino, potrete ottenere il medesimo resultato riscaldando con carboni o con un panno tuffato nell' acqua bollente il collo della boccia, la quale verrà perciò a dilatarsi prima che l' azione del calore possa giungere al turacciolo.

Nelle arti è pure utilissima l' applicazione che si fa di questa proprietà dei solidi per mettere i cerchioni di ferro alle ruote dei carri, delle carrozze ec. I carradori preparati i cerchioni alquanto più piccoli delle ruote di legno, dentro ai quali debbono esser queste incastrate, li dispongono per lo più in terra vicino alla loro bottega, e accomodativi all' intorno trucioli e schegge del legno che hanno già lavorato, vi appiccano il fuoco. Questo riscalda egualmente sopra tutti i punti i cerchioni, i quali arroventati che sieno, con grosse tanaglie di ferro li cavano dalla bragia, li adattano sulla circonferenza delle ruote e li battono sopra con pesanti mazze di ferro. I cerchioni vengono così a ricevere entro la loro circonferenza la ruota; dopo di che li immergono con celerità in una pozza d' acqua formata nel suolo, e con destrezza ve li rigirano sopra tutti i punti, acciò il ferro che si era dilatato, si raffreddi tutto egualmente, e tutto egualmente si ristringa. Così il cerchione raffreddandosi e ristringen-

dosi alla primitiva grandezza, vien a serrare i raggi della ruota addosso al mozzo con grandissima forza. Il che non avverrebbe mai se i cerchioni di ferro non venissero a dilatarsi prima per effetto del fuoco, ed a ristringersi poi per effetto del loro raffreddamento. Nè vi sarebbe alcun altro modo per incastrare a forza la ruota di legno entro la circonferenza del cerchione; ma invece sarebbero costretti a fare il cerchione un poco più grande della ruota, ed allora i raggi di questa non sarèbbero serrati sul mozzo quanto conviensi, acciocchè le ruote che sostengono tutto il peso del barroccio e del carico che vi è sopra, si conservino per lungo tempo; come avviene in virtù di questa loro cerchiatura.

Con cerchi di ferro dilatati al fuoco, e poi ristretti con raffreddarli repentinamente, si fortificano ancora i pilastri e le colonne di pietra o di marmo, che per soverchio peso sovrapposto, o per vetustà o per qualsivoglia altra causa si sono screpolate e minacciano di sfasciarsi. La vasta cupola di S. Pietro a Roma, costruita da Michelangiolo Buonarroti tutti sanno ch'è per simigliante artificio incatenata all'esterno con grandi cerchioni di ferro che tengono fermo il materiale onde si compone la cupola.

Ingegnoso pure fu il modo immaginato da Molard architetto francese per rimettere in piombo una muraglia del Conservatorio di arti e mestieri in Parigi, (che per avvallamento di terreno erasi mossa e minacciava rovina), giovandosi della dilatazione e del ristringimento del ferro scaldandolo e raffreddandolo a vicenda. Della grossa e salda muraglia che nell'edifizio era opposta a quella pericolante, si giovò per fissarvi lunghe e grosse spranghe o catene di ferro, e fatte passare le opposte estremità per entro certe feritoie aperte

nel muro vacillante, riscaldò tutte le spranghe ad un tempo. Mentre queste si riscaldavano ed in conseguenza si dilatavano in lunghezza, le faceva fortemente stirare per la parte esterna delle due pareti; ed allungatele il più possibile, le fermava con forti chiavarde acciocchè raffreddandosi non tornassero alla primitiva lunghezza. Così fermate le raffreddava ad un tratto versandovi sopra dell' acqua fresca. Al contatto di questa il ferro si ristringeva nella sua lunghezza e con tanta forza, che, alternando più volte il riscaldamento al raffreddamento, il muro strapiombato venne ad essere non solo sostenuto, ma ancora mosso e ricondotto allo stato normale ed in piombo.

L' appresso figura 71 vi rappresenta, miei cari, lo spaccato verticale di una casa, nella quale pericolando la muraglia P P si siano disposte sotto il pavimento del primo e secondo piano, come si usa, le due catene C C che ripiegate nella loro estremità a guisa di anello, vanno dal muro vacillante fino all' altro che gli è opposto. Passano attraverso delle feritoie praticate nelle due muraglie, e arrivate colle loro estremità all' esterno di esse, vi sono tenute fisse da grossi bastoni o spranghe di ferro D D, dette chiavarde, che introdotte negli anelli vengono ad abbracciare e ritenere le due muraglie alle quali stanno fortemente fissate, per modo che il muro saldo tira a sè e sostiene l' altro che mi-

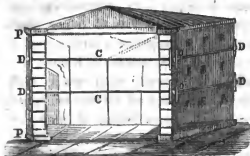



Fig. 71.

naccia di rovinare. Questo è ciò che si dice incatenare una casa per impedirne la rovina.

Il bel resultato ottenuto da questa operazione fece accorti gl' ingegneri e gli architetti di ciascun paese, i quali si valgono di questa proprietà del ferro ogni qualvolta le condizioni di una casa o di altro edifizio vogliano esser migliorate con simile operazione.

164. Dilatazione dei liquidi. — Il primo e principale effetto che il calorico produce nei corpi, quantunque sia quello di dilatarli e di accrescerne il volume, dovete avvertire, miei buoni giovanetti, che questo effetto se nei corpi solidi è sensibile, però non è grande; e la dilatazione è nei liquidi più notabile. Di fatto se immergiamo rapidamente nell' acqua bollente una piccola caraffa di vetro della forma espressa dalla figura 72 con collo lungo e stretto e piena di un liquido fino al punto A, noi vedremo che il liquido dilatandosi, salirà nel collo ed arriverà anche a traboccare. Peraltro guardando attentamente nel momento d' immergere la caraffa nell' acqua bollente, o di applicarle in altro modo il calorico, si vedrà il liquido prima discendere un poco nel collo, poi salire notabilmente.

Fig. 72.

La dilatazione operata dal calorico sarà, miei cari, egualmente la causa di questi due effetti apparentemente contrari. Siccome la prima a ricevere l' impressione del calorico è la caraffa, divenendo essa un poco più grande per la dilatazione, il liquido vi discende un poco; ma dopo un momento il calorico passando dal vetro al liquido, dilata questo assai più del

vetro, e lo fa salire su per il collo di essa tanto, che rigonfiando trabocca.

Al contrario se immergeste, miei cari, quel medesimo vaso di vetro in acqua freddissima mescolata col ghiaccio, voi osservereste sicuramente un effetto contrario, cioè salire il liquido nel primo momento dell' immersione al di sopra del punto A, e quindi notabilmente discendere, perchè il vetro cedendo al ghiaccio parte del suo calorico, viene proporzionatamente a ristringersi, ed in quel primo momento obbliga il liquido ad elevarsi; ma poco dopo colto esso pure dal freddo, si ristringe molto, si fa più denso, e scema nel lungo collo del vaso.

165. **Massimo di densità dell' acqua.** — Fra tutti i liquidi l' acqua offre questo fenomeno particolare, che quando la sua temperatura si abbassa, si contrae solamente fino a quattro gradi, e al di sotto di questo punto, benchè continui il raffreddamento, non solo cessa la contrazione, ma il liquido si dilata fino al punto di congelazione che succede a zero; dimodochè a quattro gradi l' acqua subisce un massimo di condensazione.

166. **Come avviene il raffreddamento dell' acqua.** — Ecco come fa l' acqua a raffreddarsi, quando nel crudo inverno, e specialmente nei climi più rigidi, l' aria atmosferica divien molto fredda. Quella porzione che sta immediatamente sopra all' acqua del mare, dei laghi, dei fiumi ne raffredda le molecole della superficie, le quali divenute pel raffreddamento più pesanti, discendono in basso. Altre fanno successivamente lo stesso, per il che l' acqua si va raffreddando presso a poco egualmeute in tutta la sua massa, finchè discesa alla temperatura di quattro gradi

sopra zero, giunge alla sua maggior densità, ovvero ha acquistato il suo maggior peso specifico, sicchè raffreddandosi di più, invece di divenir più pesante, diviene più leggiera. Però da quel momento in poi l'acqua dalla superficie che continua a raffreddarsi, invece di discendere, si mantiene in alto finchè il progressivo raffreddamento giunga a congelarla o a convertirla in ghiaccio; il quale, come meno pesante dell'acqua sottoposta, si mantiene a galla.

Senza questa benefica disposizione del Creatore, e se l'acqua col divenir più fredda seguitasse anche a divenir più pesante, le parti di essa raffreddate pel rigore dell'atmosfera, seguiterebbero a discendere; il ghiaccio comincerebbe a formarsi nel fondo dei fiumi, dei laghi, dei mari, l'intera massa delle acque si congelerebbe nei climi rigidissimi; e così non solo vi perirebbero i pesci, ma venendo a mancare l'acqua liquida, l'ordinamento della natura ne sarebbe stato subito alterato.

167. **Dilatazione dell' aria e dei gas.** — L'aria ed i gas sono i corpi più dilatabili, e nello stesso tempo quelli la cui dilatazione presenta maggior regolarità.

Con un apparato pressochè simile alla figura 73 noi potremmo sperimentare in un modo evidentissimo la pronta e grande dilatazione dell'aria.

L'apparato si comporrebbe di un vaso di cristallo A, e di un tubo E parimente di cristallo, aperto nell'estremità B e terminante in un bulbo cavo C all'estremità opposta. Il vaso conterrebbe dell'acquavite mista ad una sostanza colorante in rosso, entro cui pescherebbe il tubo senza toccare il fondo del vaso, ma tenutovi sospeso da un braccio di ferro G e da un turacciolo o di sughero o di altra sostanza che chiudesse

l'apertura D del vaso medesimo. Attraverso il centro di questo turacciolo passerebbe a forza il tubo E, e così verrebbe a star sospeso nel liquido senza toccare il fondo del vaso.

Da ciò che abbiamo detto si rileva che il vaso nella sua parte inferiore è occupato dall'acquavite, e nella superiore sta l'aria, come aria si contiene pure nel tubo e nel bulbo.

Ora dunque immergendo il tubo nel vaso, come indica la figura, ne avviene che una porzione d'acquavite entra subito nel tubo e vi ascende fino ad un certo punto perchè spintavi dall'aria del vaso che le gravita sopra.

Fig. 73.

Ma fin qui non avremmo che una prova della gravità dell'aria, e questo non è ciò che cerchiamo. Appoggiamo il palmo di una mano sul vaso e precisamente sul punto occupato internamente dall'aria; noi vedremo all'istante e con maravigliosa rapidità l'acquavite elevarsi nel tubo, perchè spintavi dall'aria che dilatata dal calor della mano è venuta a comprimere con maggiore intensità il liquido e lo ha obbligato ad elevarsi nel tubo, come fa il mercurio del barometro appena sente il caldo.

Sperimentata la dilatazione dell'aria compresa nel vaso, passiamo a sperimentare quella dell'aria compresa nel bulbo. E qui per vederne il fenomeno con evidenza anche mag-

giore, non vi appoggiamo il palmo della mano, ma avviciniamocelo soltanto, e tosto vedremo il liquido abbassarsi rapidamente nel tubo per la pressione maggiore che sopra di lui esercita l'aria dilatata dal calore emanato dalla mano a guisa di raggi sulla parete esterna del bulbo.

Basti questo esperimento per provarvi, miei cari, quanto sia pronto e grande il dilatarsi dell'aria e dei gas all'impressione del calorico.

168. **Fenomeni naturali per dilatazione dell'aria e dei gas.** — Molti sono, miei cari, i fenomeni naturali per dilatazione dell'aria e dei gas. Una vescica piena d'aria e ben chiusa in ogni punto, tenendola presso al fuoco, si dilaterà tanto da scoppiare.

Accade lo stesso nelle castagne messe col guscio nel fuoco; e per questo si usa inciderle in un punto, acciò possa per quell'apertura disperdersi l'aria contenuta entro la castagna, che dal calorico dilatata, non può più capirvi, come l'aria entro la vescica. E siccome l'aria dilatata è costretta di uscire ad un tratto, e perciò squarcia violentemente il guscio, lanciando con impeto porzione della castagna ed anco i carboni che le stanno dappresso, così è necessario farvi un'incisione onde non risentire sul volto, e peggio ancora negli occhi, gli effetti di quella improvvisa esplosione. Succede poi il romore dell'esplosione per la violenta scossa che riceve l'aria, nella quale si eccitano così rapide ondulazioni ad un tratto, da produrre nei nostri orecchi la sensazione del suono.

Anco di una mela o di una pera mettendola sul fuoco, si spacca la buccia per la dilatazione dell'aria interna, quanto ancora pel rigonfiamento del sugo che

costituisce la mela, parte del qual sugo si converte in vapore.

Il cigolio mandato da un pezzo di legno verde che arda da un lato, è fenomeno esso pure del sugo e dell'aria contenuta nell'interno del legno, e che dilatato dal calorico si dilegua attraverso i pori del legno.

Le faville esse pure che si elevano dalle legna secche, mentre ardono, sono un fenomeno prodotto dall'aria incalorita che, sprigionandosi pei pori delle legna, ne separa alcune particelle già infuocate, le quali per la loro leggerezza si sollevano in aria.

Molto più spumanti si fanno il vino di Sciampagna, la birra e tutte le acque gasose, se ne riscaldiamo al fuoco la boccia, perchè il gas acido carbonico viene a dilatarsi. È necessario però di limitarne il riscaldamento, onde evitare il pericolo che un eccesso di dilatazione nel gas non faccia squarciare violentemente la boccia, e produca danni coi frantumi del vetro che potrebbe con impeto lanciare contro le persone che fossero vicine.

Talvolta succede che turando con turacciolo di cristallo una boccia stata qualche tempo in una stanza calda, dopo qualche giorno, o dopo essere stata in altra stanza con aria fredda, non riesce più di levarne il turacciolo. Questo fenomeno pure si spiega colla dilatazione dell'aria; perchè l'aria chiusa nella boccia, portata in un ambiente freddo, si è condensata, condensandosi non equilibra più la pressione dell'aria esterna, e questa facendosi maggiore sul turacciolo, vi esercita la medesima azione che sugli emisferi di Maddeburgo.

All'apertura dei piccoli palloni volanti di carta che gonfiati si sogliono per divertimento mandare in

aria, si pone una spugna intrisa di spirito di vino, o altre sostanze che rilevino fiamma per dilatare l'aria interna del pallone. Questa dilatandosi, viene a distender la carta, il pallone si gonfia, diviene più leggero, si alza per aria, e vi si tien sospeso finchè non sia tornato ad essere più pesante dell'aria. Ciò succede allorchè spentasi la fiamma, l'aria per diminuzione di calorico viene a ristringersi, ristringendosi, occupa uno spazio minore, che viene ad esser subito riempito dall'aria esterna. Allora il pallone non contenendo un gas più leggero dell'aria, anzi addivenuto di questa più grave perchè al peso suo si aggiunge quello pure della carta, ricade sulla terra.

La detonazione pure della polvere da fucile è un altro fenomeno prodotto dal passaggio che fanno i suoi granellini dallo stato solido a quello gasoso nell'atto che s'incendiano; come ancora dall'emanazione istantanea dei diversi gas che da lei si sprigionano. I quali prodotti gasosi esercitano sui proiettili, ossia sulla così detta munizione e sulle palle di piombo, di che si caricano i fucili, una così forte pressione che violentemente li scaglia contro l'oggetto al quale sono diretti.

Per la dilatazione medesima di questi gas viene impiegata la polvere nelle cave di pietra, onde staccarne i blocchi che molto maggior tempo vorrebbero se gli uomini dovessero operare sopra di loro a forza di scalpello. Nell'atto in cui s'incendia la polvere pigiata in quel foro angusto e profondo, scavato nel seno della massa petrosa, i gas si dilatano, ed esercitano una gran pressione sulle pareti della pietra, la quale viene a spezzarsi con una forza incredibile, e lontano ne sono lanciati i frantumi e le schegge. Nè può essere diversamente, se consideriamo che il volume della polvere

è circa quattro mila volte minore di quello dei gas che si svolgonò dalla sua combustione. La quale maravigliosa dilatazione ha prodotto non rade volte funestissimi eventi o collo spezzare una canna di fucile con uccisione o ferimento di chi lo abbia esploso, o con incendiarsi masse di polvere sbadatamente custodite. Di qui, miei cari, i pericoli grandi che vi sono per tutti e più ancora pei giovanetti che incautamente maneggiano la polvere facendone oggetto di loro divertimento. Così grande è la facilità e la prontezza colla quale essa s' incendia, e così terribili sono gli effetti del suo incendiarsi, che non mai soverchie sono le cautele nel meneggiarla e nell' adoprarla o con armi da fuoco, o senza queste. I funesti avvenimenti, vittime dei quali sono periti uomini pieni d' esperienza e che da molti anni adoperavano polvere, fucili e pistole, ne inducono a vietare assolutamente l' uso della polvere a qualunque giovanetto inesperto ed incapace di prevedere le fatali conseguenze che gliene potrebbero derivare.

TRATTENIMENTO XV.

CONTINUA DEL CALORICO

SOMMARIO

Fusione dei corpi. Calorico latente. — Soluzione, affinità, combinazione dei corpi. — Assorbimento di calorico durante la fusione e la soluzione. — Utilità della fusione e della soluzione. — Mescolanze frigorifere, e loro utili applicazioni. — Vapori. — Vaporizzazione. — Evaporazione e cause onde viene accelerata. — Nell' evaporazione si produce il freddo. — Ebollizione. — Donde il fremito che produce l' ebollizione. — Come si spiega il fenomeno dell' ebollizione. — Perchè i liquidi bollendo rapidamente, superano gli orli del vaso. — Non tutti i liquidi bollono al medesimo grado di temperatura. — Variando la pressione atmosferica, varia il grado di temperatura per l' ebollizione dei liquidi. — Come si dimostra che un liquido bolle quando la tensione del suo vapore uguaglia la pressione che sopporta.

169. Fusione dei corpi. Calorico latente. — Voi già sapete, giovanetti miei cari, che in tutti i corpi avviene la dilatazione per effetto del calorico. Considerando ora questo fenomeno nei solidi, facilmente riconosceremo che ha in essi un limite, cioè che si dilatano fino ad un certo punto, oltre il quale le loro molecole non possono più sostenere la dilatazione, nè conservare per conseguenza il corpo nello stato solido. Da questo momento si produce in esso un nuovo fenomeno, ed è la *fusione*, ch'è quanto dire il passaggio dallo stato solido allo stato liquido per influenza del calorico.

Ma se riflettiamo un momento che la lana, la carta, il legno ed altri corpi ancora, per quanto elevata sia la temperatura a cui vengono esposti, non passano mai allo stato liquido, cioè non si fondono, veniamo altresì a stabilire che non tutti i corpi solidi sono *fusibili*. Ma se la lana, la carta ed il legno non si fondono, esposti però all'azione del fuoco, perdono l'aspetto

e la natura che avevano, e ne assumono un' altra. A questo cambiamento di aspetto e di natura dassi il nome speciale di *decomposizione*; e diciamo che la lana, la carta ed il legno per l'azione del calorico si decompongono.

Dal fenomeno di fusione i fisici hanno dedotto le due leggi seguenti:

1° Che ogni corpo entra in fusione ad una temperatura determinata.

2° Che qualunque sia l'intensità del calore, dal momento che la fusione di un corpo incomincia, esso non si fa più caldo, e rimane allo stesso grado fintantochè non si sia fuso tutto.

Dalla quale verità (ormai dai fisici sperimentata), nasce la conseguenza che i corpi per cangiare di stato assorbono una grande quantità di calorico, il cui unico effetto è quello di mantenerli allo stato liquido.

Ora questa quantità di calorico che in certo modo si combina colle molecole dei corpi, e che non è dal termometro segnato, vien detto (dal latino *latere*, star nascosto) *calorico latente*, ovvero *calorico di fusione*.

170. Soluzione, affinità, combinazione dei corpi. — Un fenomeno che ha dell' analogia colla fusione è lo sciogliersi che fanno in un liquido lo zucchero, il sale da cucina, la gomma arabica. Ma siccome il fenomeno succede per l'effetto di affinità che è tra le molecole di questi corpi e quelle di un liquido, così i fisici lo hanno distinto col vocabolo *soluzione*, e che volendo, potremmo sostituirgli ancora l'altro di *liquefazione*. Difatto lo zucchero, il sale da cucina, la gomma arabica nell' acqua si sciolgono, o si liquefanno per l'affinità che è tra le molecole di questi corpi e quelle dell' acqua.

Con questa parola *affinità* hanno i chimici voluto significare la forza naturale; mediante la quale, sostanze di natura diversa concorrono a formare i corpi composti. E siccome hanno essi veduto in effetto colla loro esperienza che alcune sostanze ben si *combinano* fra loro, ed altre no; così ne hanno concluso che fra alcune sostanze non esiste affinità, e fra altre più, e fra altre meno, cioè alcune più ed altre meno si combinano fra loro. Dico *si combinano*, perchè lo stare insieme unite due o più sostanze che sono fra loro di natura diversa, i medesimi chimici lo esprimono appunto col vocabolo *combinarsi;* e perciò l'azione speciale mediante la quale succede questa unione e formazione di un solo corpo viene espressa col vocabolo *combinazione.*

171. Assorbimento di calorico durante la fusione e la soluzione. — Abbiamo già detto che chiamasi calorico latente, o di fusione la quantità di calorico che in certo modo si combina colle molecole dei corpi; ora dunque dovete sapere che finchè dura la fusione o la soluzione di un corpo, vi è sempre assorbimento più o meno grande di calorico. Infatti gettate del sale o dello zucchero in un liquido che bolla, lo vedrete subito cessar di bollire, nè l'ebollizione tornerà a manifestarsi fintantochè durerà la soluzione del sale. E ciò per due ragioni; la prima perchè il passaggio del sale dallo stato solido allo stato liquido dà origine ad un abbassamento di temperatura, ch'è quanto dire, diminuisce il calore del liquido; e la seconda è la combinazione del sale disciolto col liquido.

172. Utilità della fusione e della soluzione. — Grandi e moltissime utilità derivano gli uomini, miei cari, dalla proprietà che alcuni corpi hanno di fondersi, ed altri di sciogliersi o di disciogliersi nei liquidi. Tutti

gli oggetti, per es., di metallo che voi vedete sulla terra non esisterebbero nè darebbero origine a tante arti, se i metalli medesimi non avessero la proprietà di fondersi al calore. E anzi i metalli stessi non avrebbero per noi quasi alcuna applicazione, se non fossero fusibili e perciò non riducibili alle forme che vogliamo; poichè la ragione prima e principale che li fa essere atti a tante e così utili applicazioni è appunto l'esser fusibili.

Così si dica dell'altra proprietà che hanno altri corpi, cioè del loro disciogliersi nei liquidi. E quand'anche foss'ella propria del sale da cucina soltanto, noi dovremmo ammirare la bontà di Dio per averlo creato di tal natura che, disciogliendosi nei liquidi, fa saporose le vivande che noi mangiamo, non escluse quelle che servono al nostro miglior nutrimento, ed a conservarci in salute, quali sarebbero le carni degli animali che tutti i giorni mangiamo.

173. Mescolanze frigorifere e loro utili applicazioni. — Gli uomini hanno tratto utile non solo dalla fusibilità e solubilità dei corpi solidi ma ancora dall'altra proprietà che essi hanno di assorbire il calorico mentre dallo stato solido passano al liquido; e questa l'hanno utilizzata per produrre freddi artificiali anco intensissimi. E ciò si ottiene mescolando sostanze che abbiano fra loro molta affinità, o delle quali una almeno è solida, come sarebbe acqua e sale, ghiaccio e sale ec. Allora ne segue che la fusione del corpo solido essendo accelerata dalla sua grande affinità col corpo liquido al quale vien mascolato, la porzione che se ne discioglie, leva di subito al liquido una gran quantità di calorico che diventa latente; onde risulta un abbassamento di temperatura talvolta così grande che

supera quello pure del ghiaccio. E così, facendo i sorbetti, per ottenere un abbassamento di temperatura anco maggiore di quella che ha in sè il ghiaccio o la neve, si usa mescolarvi del sale comune, il quale avendo molta affinità col ghiaccio, ed ambedue tendendo ad unirsi fra loro, non possono farlo, se non divengono ambedue liquidi; e per divenir tali hanno bisogno di una quantità di calorico, la quale tolgono agli altri corpi che toccano, raffreddandoli notabilmente. E siccome nella preparazione dei sorbetti sta al contatto del ghiaccio la sorbettiera di metallo, così il sale ed il ghiaccio tolgono il calorico a questa ed al liquido che contiene; sicchè presto la massa liquida si congela, passa allo stato solido, e viene a formare il sorbetto. Il sale comune e le sostanze, che mescolate ad altre, producono in queste un notabile abbassamento di temperatura, sono dette sostanze *frigorifere*, ch' è quanto dire, produttrici del freddo.

174. Vapori. — Producendosi per effetto del calorico i vapori, noi verremo ora a parlare di questi. *Vapori* dunque si chiamano i fluidi aeriformi, nei quali si trasformano per assorbimento di calorico molti liquidi, quali sono l' etere, lo spirito di vino, l' acqua, il mercurio ec. Ma siccome non tutti i liquidi hanno la proprietà di passare allo stato aeriforme, così diconsi *liquidi volatili* quelli che possono passare allo stato aeriforme, e *liquidi fissi* gli altri che non danno vapore a nessuna temperatura. Di questa ultima specie sono l' olio d' oliva e gli altri oli che come questo sono detti grassi. Nè i soli liquidi, ma vi sono pure corpi solidi che danno immediatamente vapori senza prima passare allo stato liquido. E questi sono, per es., la canfora, l' arsenico, ed in generale le materie odorifere.

175. Vaporizzazione. — I naturalisti, osservato questo fenomeno nei corpi, crearono un vocabolo che lo esprimesse, e fu *vaporizzazione*, col quale intesero significare generalmente il rapido passaggio d'un corpo dallo stato liquido allo stato di vapore. Così diciamo che l'acqua vaporizza al calore del fuoco, perchè esso dividendo le particelle del liquido in tenuissime bolle, queste per essere più leggiere dell'aria, si staccano dalla superfice in forma di vapore. Per vaporizzazione i chimici ottengono l'acqua *distillata*, ossia purificata da ogni sostanza che vi sia mescolata, facendola bollire entro certi apparecchi che si dicono *lambicchi*, dentro i quali si eleva in vapore; e questo poi raffreddandosi dentro un altro vaso, col quale è in comunicazione mediante un tubo, che non è riscaldato dal fuoco, riprende lo stato liquido. Allora quest'acqua è separata da ogni altra sostanza che rimane depositata in fondo al lambicco; ed è appunto quella che chiamasi distillata.

Nè i soli liquidi vaporizzano coll'aumento di temperatura, ma ancora i solidi, e fra questi i metalli medesimi, cioè l'oro, l'argento, il piombo ec. purchè sieno moltissimo incaloriti.

Il sale da cucina è corpo sòlido, ma esso pure si vaporizza gettandolo nel fuoco; anzi appena tocca i càrboni ardenti fa sentire una crepitazione, o, come dicesi comunemente, scoppietta. E ciò perchè l'acqua che in piccola quantità si trova interposta fra le particelle solide del sale, essendo ad un tratto vaporizzata dal fuoco, produce tante piccole rotture nelle particelle saline, che fanno sentire una serie di crepitazioni finchè tutta l'acqua non sia vaporizzata.

Anche lo stridore che producono un ferro infuocato ed un carbone ardente immergendoli nell'acqua,

proviene in parte dalla conversione istantanea dell'acqua in vapore. Dico in parte, perchè l'improvviso raffreddamento del ferro e del fuoco producendo nell'aria delle vibrazioni rapidissime, dà origine esso pure al fenômeno.

Lo strisciare che fa l'acqua divisa in gocce sopra una paletta di ferro incalorita al fuoco, senza lasciarvi alcuna traccia, è ancor esso un fenomeno di vaporizzazione per effetto di calorico. Succede che la parte inferiore delle gocce essendo al contatto del ferro molto incalorito, si converte subito in vapore, ed è quello che le sostiene, ed impedisce all'acqua liquida di toccare il metallo, ma invece vi scorre sopra colla massima rapidità. Di qui l'uso che hanno le stiratore di sputare sulla superficie liscia del ferro che levano dal fuoco per stirare la biancheria, onde accertarsi che sia bene incalorito. Ne deducono esse la prova se la saliva non si attacca al ferro, ma vi striscia sopra rapidamente e cade in terra; il che non avviene se il ferro è poco incalorito, perchè allora il liquido che tocca immediatamente il ferro, non venendo subito vaporizzato, vi rimane attaccato e lentamente vi scorre sopra.

Nelle macchine a vapore finalmente succede il fenomeno di vaporizzazione, ed altro esse non sono che un'applicazione del vapore.

176. **Evaporazione e cause onde viene accelerata.** — Secondo quello che abbiamo detto, la vaporizzazione è un'artificiale e rapida riduzione di un liquido allo stato di vapore. Ma se vogliamo esprimere una produzione naturale e lenta di vapore alla superficie di un liquido, o di oggetti che ne sieno bagnati, usiamo allora più specialmente esprimerla con un altro vocabolo, ed è *evaporazione*. Un'evaporazione naturale e lenta succede, per es., nell'asciugarsi che

fanno allorchè sono tesi all' aria, i panni umidi. Per effetto di evaporazione naturale e lenta un vaso aperto che contenga del liquido, si vuota tutto alla fine di un certo tempo. Così diminuisce in estate l' acqua contenuta nei paduli, negli stagni, nei fossi, nei torrenti, nei botri, perchè il calore del sole aumenta in essi l' evaporazione, e rimangono all' asciutto grandi estensioni di terreno che nell' inverno si cuoprono regolarmente d' acqua e si riducono impraticabili. E finalmente i vapori che si elevano nell' atmosfera, come altrove dicemmo, che vi si condensano in nuvole e poi si risolvono in pioggia, hanno origine dall' evaporazione che naturalmente e lentamente si produce dai mari, dai laghi, dai fiumi, insomma da tutta la superfice della terra, dal corpo degli animali, dalle piante, da tutto. Così i legni umidi sono asciugati dal vento asciutto, perchè ne fa evaporare l' umidità che contengono. Nelle caverne, nelle valli profonde e nelle folte boscaglie si mantiene l' umidità perchè i raggi del sole non vi penetrano, perchè l' aria difficilmente e lentamente vi si rinnuova. Al contrario sulle alte montagne non sta lungo tempo l' umidità, perchè l' aria essendovi più rarefatta e più leggera, vi è minore la pressione e per conseguenza l' evaporazione vi è maggiore.

177. **Nell' evaporazione si produce il freddo.** — È cosa utile a sapersi, miei cari, che nell' evaporazione si produce sempre il freddo. Infatti versate sul palmo di una mano poche gocce o di spirito di vino, o di acqua di colonia, o di una sostanza detta *etere*, e bagnatevene poi la superfice delle mani stropicciandole insieme, oppure bagnatevene la fronte; voi sentirete subito alle mani o alla fronte un freddo sensibile; e dopo pochi momenti la pelle ne tornerà ad

essere asciuttissima. Il fenomeno si spiega naturalmente in questo modo. La pelle torna ad essere asciutta, perchè il liquido è evaporato; e siccome per evaporare aveva bisogno di calore, lo ha tolto alle mani o alla fronte; e così mentre esso evaporava, queste hanno provato un freddo sensibile per la perdita del calorico ch'era necessaria a trasformare il liquido in vapore. Perciò l'etere è adoperato per mitigare il dolore di una bruciatura; e lo mitiga di fatto perchè evaporando rapidamente, assorbe una gran parte del calore prodotto dalla bruciatura. Così innaffiando in estate con acqua fresca le stanze, si giunge a mitigarne il calore perchè quell'acqua investita dal caldo, evapora, e toglie al pavimento e all'aria porzione del caldo che ritenevano. Lo stesso fanno alcuni sulla strada davanti alle loro botteghe. È pure un effetto dell'evaporazione se gli stecchini fosforici e le legna non ardono se contengono dell'umido; perchè il calore che si eccita nei primi, e quello che comunichiamo alle seconde in qualunque maniera, non è sufficente ad eccitarvi la combustione se non dopo che siasi evaporata tutta l'umidità che contengono.

Il freddo prodotto dall'evaporazione è utilizzato nei paesi caldi per rinfrescare l'acqua mediante gli *alcarazas*, così chiamati alcuni vasi di terra tanto porosi da lasciar filtrare lentamente l'acqua attraverso le loro pareti. E allora succede che l'acqua così filtrata, si ferma alla superficie esterna dei vasi, qui evapora e celermente, se esposta al vento; per evaporare assorbe il calorico del vaso, questo lo riprende subito dall'acqua interna, e così essa viene a raffrescarsi senza bisogno di altra operazione. Per tal modo nei paesi meridionali della Spagna, e in altre regioni an-

cora si preparano gli abitanti l'acqua fresca per bevere.

178. **Ebollizione.** — Noi abbiamo parlato di due fenomeni che succedono per l'azione del calorico; e abbiamo detto che la vaporizzazione è il rapido passaggio di un corpo dallo stato liquido allo stato di vapore, e che l'evaporazione è la produzione naturale e lenta di vapore alla superficie di un liquido, o di oggetti che ne sieno bagnati. Ci resta a parlare di un terzo fenomeno, prodotto esso pure dal calorico, ed è l'*ebollizione;* così detta la rapida produzione di vapore in bolle più o meno grosse nella massa di un liquido esposto al fuoco.

Quando noi scaldiamo dell'acqua al fuoco di un fornello, le prime bolle che vediamo apparire nel liquido, non sono che aria, la quale essendo precedentemente disciolta nell'acqua, ora si svolge dal liquido per effetto del calore. Ma poco dopo piccole bolle di vapore, più leggere dell'acqua, s'innalzano da tutti i punti del vaso che sieno riscaldati dal fuoco. Continuando ancora la formazione e la condensazione di queste bolle di vapore, nasce nel vaso quel fremito che ci fa dire: *l'acqua presto bolle*, perchè l'esperienza ha mostrato che il fremito ordinariamente precede l'ebollizione. Difatto grosse bolle poco dopo s'innalzano e scoppiano alla superficie del liquido, il che appunto costituisce il fenomeno dell'ebollizione.

179. **Donde il fremito che precede l'ebollizione.** — L'acqua o altro liquido freme prima di bollire, perchè le sue particelle più prossime al fuoco sciogliendosi in vapore, e divenendo più leggere delle altre, salgono; ma nel salire s'incontrano nelle altre meno riscaldate, e qui condensandosi di nuovo, tor-

nano ad esser liquide. Ora queste piccole condensazioni che rapidamente si succedono, producono quelle vibrazioni del liquido, il che dicesi fremito dell'acqua prima di bollire. Questo, come avrete forse osservato, va diminuendo di mano in mano che tutta la massa d'acqua egualmente si riscalda, e perchè diminuisce lo sprigionamento dell'aria, e perchè le bolle si liquefanno traversando il liquido. Finalmente grosse bolle s'innalzano e scoppiano alla superfice; questo appunto è ciò che costituisce, come abbiamo detto, il fenomeno dell'ebollizione.

180. **Come si spiega il fenomeno dell' ebollizione.** — Allora tutta la massa liquida è in preda ad una tumultuosa agitazione, ad un sollevamento generale che nasce dall'impulso del vapore che traversa la massa; sollevamento che si produce dalle molecole di vapore, che trovando nel liquido un ostacolo alla loro uscita, convertono in tante bolle quello che loro resiste. In conseguenza differisce il fremito dall'ebollizione in questo: che nel fremito le bolle di vapore, traversando il liquido che di esse è meno caldo, perdono lo stato vaporoso e, condensandosi, tornano ad esser liquide prima d'arrivare alla superfice; al contrario nell'ebollizione le bolle di vapore traversano un liquido ch'è alla stessa temperatura, non si condensano mentre salgono, ma vengono a svanire alla superfice del liquido. Nel primo caso esse svaniscono per tornar liquide, nel secondo perchè si dileguano nell'atmosfera ambiente.

181. **Perchè i liquidi bollendo rapidamente, superano gli orli del vaso.** — Non rare vòlte avrete veduto succedere, (allorchè il fuoco è ardentissimo) che un liquido nel bollire sorpassa gli orli del

vaso entro cui si contiene, mentre prima di bollire non lo riempiva neppure. La spiegazione del fenomeno io credo che ora vi sarà facile, se rifletterete, che il vapore e l'aria salgono allora così rapidamente, da produrre nel medesimo tempo una sì gran quantità di bolle, le quali non potendo entrare nel vaso, ne superano gli orli e spingono fuori il liquido. E ciò tanto più facilmente, quanto maggiore è la densità del liquido, la quale si oppone al libero sprigionamento del vapore, il che determina ben presto la tumefazione della massa, la quale perciò esce fuori dagli orli del vaso. Tali sarebbero zucchero o miele liquefatto, latte, acqua che tenga disciolta della gomma o della colla da falegnami ec. Infatti vi sarà occorso, miei cari, di veder più volte i garzoncelli dei falegnami, allorchè preparano la colla in quei loro calderottini di metallo, ardendovi sotto trucioli e pezzetti di legno, rompere le bolle che in gran quantità si formano nel liquido, dimenandolo e muovendolo continuamente con un legno, onde impedire che trabocchi dal vaso. Nè ciò bastando, è necessario scostare il vaso dal fuoco, onde la massa liquida si raffreddi, cessino le bolle d'aria e di vapore, e il suo volume diminuisca.

182. **Non tutti i liquidi bollono al medesimo grado di temperatura.** — Prima di lasciar di parlare dell'ebollizione, è cosa utile a sapersi anco da voi, miei cari giovanetti, che non tutti i liquidi bollono allo stesso grado di temperatura. Difatto i fisici hanno sperimentato che l'acqua bolle all'ottantesimo grado del termometro di Réaumur, il qual grado corrisponde, come già sapete, al centesimo del centigrado; lo spirito di vino bolle al settantanovesimo del centigrado, l'etere all'undicesimo; mentre per la canfora ve

ne vogliono 204, e per l'olio di liuo 316; ch'è quanto dire un calore più di tre volte maggiore di quello necessario per far bollire l'acqua.

183. Variando la pressione atmosferica, varia il grado di temperatura per l'ebollizione dei liquidi. — Dicendo che l'acqua bolle a 100 gradi, intendiamo in luoghi di pianura, e non sulle alte montagne; perchè l'esperienza ha dimostrato che ogni liquido entra in ebollizione solamente quando la tensione del suo vapore uguaglia la pressione che sopporta. Perciò quanto più questa aumenta, tanto più cresce la tensione del vapore e per conseguenza la temperatura necessaria all'ebollizione; come al contrario diminuisce la tensione del vapore, e con essa la temperatura in rapporto alla diminuzione della pressione atmosferica. Infatti sul Monte Bianco, che si eleva 4795 metri sopra il livello del mare, l'acqua bolle a soli 84 gradi del centigrado. Nel convento, che sorge sulla vetta del Monte san Gottardo, ch'è alto 2075 metri, bolle a 92 gradi; come al contrario per farla bollire in una miniera che rimanga molto al di sotto del livello del mare, vi vogliono 120 e più gradi di calorico, perchè la pressione atmosferica cresce in quelle località, quanto più elleno si scostano dalla superfice del suolo.

184. Come si dimostra che un liquido bolle quando la tensione del suo vapore uguaglia la pressione che sopporta. — Ammesso dunque che un liquido entra in ebollizione solamente quando la tensione del suo vapore uguaglia la pressione che sopporta, nelle lezioni di fisica sperimentale si suòl dimostrare questa verità col mettere sotto la campana pneumatica un vaso contenente dell'acqua riscaldata a

circa 30 gradi del centigrado, e subito dopo si fa il vuoto. Fatto questo, si vede il liquido entrare in ebollizione, e con tale celerità, come se fosse caldo a 100 gradi, perchè il vapore di mano in mano che si produce, è aspirato dalla macchina.

Nè con questo solo esperimento si può dimostrare l'influenza della pressione sulla temperatura dell'ebollizione, ma ancora mediante un semplice apparato che dal nome del suo autore, si chiama *bollitore di Franklin.* Si compone questo di un sottil tubo di vetro A (fig. 74), che da un'estremità termina in una sfera cava B, e dall'altra in un tubo C, essi pure di vetro. Dall'estremità superiore del tubo C s'introduce dell'acqua, che scorre nel tubo e va a riempire la sfera. Sotto di questa si fa ardere una fiaccola di spirito di vino, che presto mettendo in ebollizione il liquido, i vapori di questo scacciano l'aria dall'interno dell'apparato, che si dilegua dall'apertura del tubo C. Quando si crede che siasi tutta dileguata, si chiude il foro del tubo, fondendone il vetro ad una lampada; il quale facendosi molle per effetto del calorico, agevolmente si vengono a ravvicinare e congiungere insieme le molecole del vetro, le quali compresse, prendono la forma di una punta affilata, come lo indica la figura. L'apparecchio non contenendo allora più aria, l'acqua che vi è rimasta dentro non ha altra pressione che quella del vapore nel quale si è disciolta; pressione che è debolissima alla temperatura ordinaria. Che però fa-

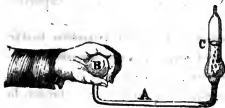



Fig. 74.

sciando col palmo della mano la sfera B, come indica la figura, il solo calore di essa dà al vapore una tensione tale, che spinge l'acqua nel tubo C, e ve la fa per alcuni istanti bollire; perchè il solo calore della mano basta per superare la pressione che il liquido riceve dal vapore, nel quale si è disciolto.

E tanto è vero che il fenomeno d'ebollizione succede nel bollitore di Franklin al solo calore della mano, perchè l'acqua vi sopporta una pressione debolissima; che esponendo l'apparecchio al calore del fuoco, dopo pochi momenti non vedremmo più nel liquido alcun rapido svolgimento di vapori, cioè non lo vedremmo più bollire, perchè superato dalla pressione dei vapori medesimi, la tensione e la densità dei quali è cresciuta colla temperatura. Per conseguenza mentre in un vaso aperto la temperatura di un liquido non può oltrepassare quella della sua ebollizione, in un vaso chiuso al contrario può innalzarsi molto di più, ma lo svolgimento rapido dell'ebollizione è impossibile, perchè troppo grande è la pressione che vi esercitano i vapori medesimi nei quali è disciolto il liquido. In conclusione dunque voi dovete ritenere miei cari, che un liquido entro un vaso chiuso ed esposto al calore ardente del fuoco s'incalorisce assai più che se il vaso fosse aperto; ma giunge un momento in cui non può più bollire, perchè superato dalla pressione che esercitano sopra di lui i vapori nei quali si è disciolto.

A questo proposito un fisico francese, chiamato Papin, fece costruire un apparecchio per scaldare l'acqua al di là del punto di ebollizione senza lasciarla bollire. Esso consiste in una pentola di rame assai grosso, il cui coperchio è tenuto fermo da una fortissima vite, acciò la forza espansiva del vapore non lo faccia sal-

tare in aria. Facendo scaldare l'acqua in questo vaso chiuso, la sua temperatura non giunge soltanto a 100 gradi, ma si eleva assai più e quanto più noi vogliamo. Mettendovi degli ossi di bove o di altri animali, dopo pochi momenti vi si trova una gelatina; e gli ossi medesimi divengono bianchi e ridotti in minuti pezzetti dall'azione potente del calore, come se fossero stati spezzati a colpi di martello. E siccome il vapore è molto elastico, e la sua elasticità aumenta in proporzione del calore che la produce, onde evitare il pericolo che faccia scoppiare il vaso, nel coperchio è una valvola, aprendosi la quale, il vapore esala, e viene a moderare il suo eccesso di elasticità. Questo ingegnoso apparecchio si chiama la *Pentola di Papin*.

Il liquido poi che bolle entro un vaso aperto non può scaldarsi di più, perchè a misura che bolle, si converte in vapore, il quale porta seco tutto il calorico che è al di là dell'ebollizione. Come ancora non arriva mai a bollire l'acqua di un vaso che stia immerso nell'acqua di un altro più grande, o messo, come si dice comunemente, a *bagnomaria*, perchè appena l'acqua contenuta nel vaso più grande, e che sta esposto all'azione immediata del fuoco, è al punto di ebollizione, ossia a 100 gradi, il vapore che si produce, assorbe il resto del calorico, e in conseguenza non può mai comunicarsi al vaso interno il calore bastante per farlo bollire.

Ma se non bollirà mai l'acqua messa a *bagnomaria* nell'acqua, bollirà, se messa nell'acqua che tenga disciolta, per es., una gran quantità di sale, perchè la salamoia per bollire ha bisogno di una temperatura più elevata; e allora quell'eccesso di calorico che in sè ritiene la salamoia, comunicandosi al vaso interno, mette in ebollizione l'acqua che contiene.

Dal che deduciamo:

1°. che un liquido non può mai comunicare ad altro liquido eguale tanto calorico, quanto ne abbisogna egli medesimo per bollire:

2° Che ogni liquido che comincia a bollire ad una temperatura più bassa, può farsi bollire in un altro liquido che abbia bisogno di una temperatura più alta. Così un vaso contenente, per es., dell'etere, bolle con facilità entro un vaso pieno d'acqua, perchè l'etere bolle ad una temperatura più bassa di quella necessaria all'acqua; ma non si potrà mai far bollire un vaso d'acqua dentro un altro contenente dell'etere, perchè la temperatura che fa bollire l'etere è più bassa di quella che fa bollire l'acqua, mentre questa la faremo bollire, mettendola a bagnomaria o nella salamoia o in un siroppo.

TRATTENIMENTO XVI.

CONTINUA DEL CALORICO

SOMMARIO

Conducibilità. Buoni e cattivi conduttori del calorico. — Spiegazione di alcuni fenomeni risguardanti la conducibilità dei corpi. — Applicazioni utili della maggiore o minore conducibilità dei corpi. — La sensazione di caldo o di freddo è dovuta alla conducibilità dei corpi. — Il grado di riscaldamento di un corpo dipende da quello dei corpi vicini. — Capacità per il calorico. Calorico specifico.

La fusione, la soluzione, la vaporizzazione, l'evaporazione e l'ebollizione sono i fenomeni che noi considerammo nei corpi quando il calorico li investe, ossia penetra nell'interno della loro massa. Altri ancora ce ne rimangono a conoscere, e mi farò da quello che i fisici chiamano *conducibilità* o *conduttibilità* del calorico.

185. **Conducibilità. Buoni e cattivi conduttori del calorico.** — I fisici hanno dato il nome di *conducibilità* alla proprietà che hanno i corpi di trasmettere il calorico più o meno facilmente nell' interno della loro massa; dico più o meno facilmente, perchè quando il calorico investe corpi di natura diversa, si comporta con essi diversamente. Difatto alcuni, ricevendolo in una parte di se stessi, lo trasmettono alle altre parti, ed anche ai corpi vicini; altri all' opposto non lo trasmettono, ma lo ritengono in quella parte che lo riceve, fintantochè vi si accumuli in tal quantità che cagioni in essi un notabile cambiamento. Se prendiamo un cannello di carbone ed un bastoncello di ferro di egual grossezza e lunghezza, e poniamo un' estremità di ambedue in mezzo ai carboni accesi, il ferro, anche molto prima d' infuocarsi in una estremità, sarà talmente riscaldato ancora nell' altra, che non potrà esser toccato da una mano senza bruciarla. Al contrario il cannello di carbone, benchè molto incalorito in una estremità, potrà esser toccato nell' altra, ed anco nelle parti vicine a quella che arde, senza che la mano ne risenta dolore.

Ora dunque il bastoncello di ferro che si è tutto incalorito, quantunque ne fosse messa nel fuoco un' estremità soltanto, lo diciamo *buon conduttore del calorico,* perchè le sue molecole lo hanno ricevuto e trasmesso a tutte le altre, senza ritenerlo ed ammassarlo in quel solo punto che restava a contatto del fuoco. Al contrario il cannello di carbone, che oppone una resistenza alla propagazione del calorico, è detto *cattivo conduttore del calorico.* Il vetro, la paglia, i legni, i liquidi, l' aria e tutti i gas, il crino, la lana, la seta, il pelo di animali, le piume d' uccello, il cotone, il lino, il

carbone, la cenere e la terra sono tutti cattivi conduttori; i metalli, il marmo, la porcellana, le stoviglie sono buoni conduttori del calorico.

186. **Spiegazione di alcuni fenomeni risguardanti la conducibilità dei corpi.** — Così per la difficoltà che oppongono le molecole della carne a trasmettere il calorico, un pezzo di essa può bruciare da una parte che sia al contatto col fuoco, e dall'altra essere sempre fredda: un tubo di cristallo o di vetro può fondersi da un lato, e poco più là non esser neppur riscaldato: teniamo in mano i bastoncelli di ceralacca per sigillare le lettere, mentre l'altra estremità è infiammata: accendendo una candela, il calore della fiamma non si propaga subito per tutta la candela, ma soltanto alle molecole della cera o del sego che sono presso alla fiamma e dalla quale sono successivamente liquefatte e consumate. Così per essere la paglia e i trucioli di legno cattivi conduttori del calorico, si suole porre l'una o gli altri nelle carrozze da viaggio per impedire che i piedi dei viaggiatori si freddino: si fa di paglia il coperchio alle ghiacciaie, o con essa se ne copre il tetto all'interno, perchè essendo un cattivo conduttore, impedisce al calore del sole in estate di penetrare nell'interno della ghiacciaia, e di liquefare il ghiaccio che vi si custodisce, e che vi fu riposto in inverno per gli usi che ne facciamo quando è caldo. Per la medesima ragione si coprono in inverno i pavimenti delle case con stuoie o con tappeti di lana o di pelo di capra, i quali assorbendo assai più lentamente che non fanno i mattoni, il calore dei piedi e del corpo, per un certo spazio di tempo impediscono che quello si comunichi al pavimento. Al contrario si levano i tappeti in estate, per aver nelle stanze una

temperatura più fresca. Quindi è che un edifizio col pavimento o colle mura di marmo è sempre più freddo, che se l'uno o le altre fossero di mattoni, perchè il marmo è assai miglior conduttore del calorico che non sono i mattoni. Così per le botteghe ove si fa vendita di pesce e di latte, le tavole sulle quali debbono stare i pesci ed il latte, saranno molto più utili di marmo o di zinco, che di legno, perchè lo zinco ed il marmo, come buoni conduttori del calorico, lo assorbiranno dai pesci e dal latte, e standovi posati sopra si manterranno, come suol dirsi, più freschi e migliori pel nostro nutrimento. Per essere il rame, il ferro ed altri metalli buoni conduttori del calorico, avrete talvolta veduto che appena levato di sul fuoco un vaso di rame o di ferro, entro cui bollisse un liquido, questo cessa subito di bollire, perchè il metallo come prontamente comunica il calorico all'acqua di mano in mano che lo riceve, così fa cessar subito l'ebollizione, perchè, tolto dal fuoco, non ha più in sè tanto calore da mantener l'acqua bollente. Mentre così non succede in un vaso di terra, la quale essendo meno conduttrice del metallo, come fa bollire i liquidi più tardi, così mantiene in essi l'ebollizione per qualche tempo ancora dopo di esser levati di sul fuoco, perchè non trasmettono tutto il calorico che ricevono, ma ne ammassano una porzione nella loro sostanza. E appunto per questa proprietà che hanno i metalli, il marmo ec., cioè di togliere rapidamente il calore alla mano che li tocca, producendo la sensazione del freddo toccandoli, e ci sembrano più ghiacci di quelli, che per esser cattivi conduttori, tolgono il calore alla mano assai lentamente, e perciò non producono la medesima sensazione. Difatto togliendo in mano successivamente oggetti

di cristallo, di marmo, di metallo, di legno, di lana che sieno in una medesima stanza e perciò ad una medesima temperatura, quelli di metallo, di marmo e di cristallo produrranno una sensazione di freddo, che certo non la proviamo palpando gli altri di legno, e molto meno ancora quelli di lana. Così fasciando una pietra, una palla di metallo o un orologio da tasca, come indica la fig. 75, con un fazzoletto di lino o di seta, ed esponendo l'oggetto alla fiamma di una candela, il fazzoletto non si brucia, perchè di mano in mano che riceve il calore dalla fiaccola della candela, lo trasmette subito all'orologio che ricuopre. Prolungando però l'esperimento, il fazzoletto comincerà a bruciarsi, appena che il metallo si sia molto incalorito.

Fig. 75.

Avrete pure talvolta osservato che i metalli riscaldati ci sembrano più caldi della lana alla medesima temperatura, perchè se sono pronti nel ricevere il calorico, lo sono altresì nel trasmetterlo, e dando perciò nel medesimo spazio di tempo assai più calorico che la lana, devono necessariamente produrre una sensazione di calore; come nell'altro caso contrario debbono produrre sensazione di freddo. E come degli oggetti di una medesima stanza, quelli di marmo, di metallo e di vetro ci sembrano più freddi del legno e della lana, così la lana non ci brucerà le mani come un vaso di rame, quantunque sieno stati ambedue esposti all'azione di

un medesimo fuoco. Ancora gli oggetti di tela di lino, sebbene un po' meno del marmo e dei metalli, ci sembrano, come buoni conduttori essi pure, più freschi di quelli di cotone, e più ancora di quelli di lana. Difatto asciugandoci la fronte riscaldata e sudata con un fazzoletto di tela di lino, la fronte si rinfresca, e ne sentiamo un conforto che non ci fa provare un fazzoletto di cotone; e per questo sono preferibili in estate le camice di lino a quelle di cotone.

La terra e l'aria esse pure abbiamo detto essere cattivi conduttori; infatti in estate il suolo è più freddo sotto la sua superfice; ed ecco perchè l'acqua delle sorgenti si mantien fresca ancora in quella stagione. Così per la poca conducibilità del suolo noi troviamo in inverno più caldo sotto terra, e l'acqua delle fontane continua sempre a zampillare, e liquida si mantiene quella dei pozzi, quantunque a superfice si patisca un gran freddo. Le esperienze avendo dunque dimostrato che ad una profondità maggiore di 6 o 8 metri si conserva sempre e in tutte le stagioni la medesima temperatura, non possiamo a meno di ammirare la saggezza del Creatore, poichè se avesse dato al suolo la conducibilità dei metalli, i calori dell'estate seccherebbero le fontane, i ruscelli e tutta l'umidità che in se ritiene la terra; come pel freddo dell'inverno si gelerebbero le acque; e tanto per l'una come per l'altra cagione perirebbero gli alberi, le piante, le seminagioni, e per la mancanza di queste cose non potrebbero vivere neppur gli uomini e gli animali.

Quello che si è detto del suolo, si dica pure dell'aria, la quale avendo una conducibilità debolissima, toglie lentamente il calore al nostro corpo; mentre se ciò non fosse, tutti periremmo in inverno, e con noi

gli animali pure e le piante. Però togliendoci di dosso le vesti, sentiamo freddo, e molto più ancora ne sentiamo quando tira vento. Ma questo succede perchè l'aria essendo tanto mobile, è sempre in movimento; e, allora ogni particella di essa che viene a contatto del nostro corpo, ne porta seco una porzione di calore; la qual privazione è assai maggiore ed a noi più sensibile, quando tira vento, perchè le molecole dell'aria passano allora più rapidamente sul nostro corpo; e così ne abbiamo refrigerio in estate, e ci fa patire maggior freddo in inverno.

Ancora l'acqua ha pochissima conducibilità, di fatto i pesci riponendosi nell'inverno in fondo ai mari, ai laghi, ai fiumi e alle vasche, vi trovano un'acqua più calda, e così provvedono alla loro salvezza, quantunque la superfice ne possa esser gelata.

La poca conducibilità dell'acqua la provano i pesci medesimi nell'estate; i quali molestati dal caldo, nelle ore in cui questo è più affannoso, si allontanano dalla superfice; ed in quei recessi entro i quali si celarono in inverno per salvarsi dal freddo, vanno a riporsi in estate per evitare il caldo, perchè se l'acqua dei mari che resta circa 5 o 6 metri sotto la superfice, non perde in inverno il calorico che ha in sè, neppure in estate lo riceve, o se lo riceve, in piccolissima dose, e si mantiene sempre al medesimo grado di temperatura. Nè qui, come in tutte le altre disposizioni di Dio, apparisce minore la sapienza e la bontà di Lui, perchè se l'acqua fosse stata un buon conduttore, il caldo dell'estate e il freddo dell'inverno avrebbero fatto perire tutti i pesci; i mari, i laghi ed i fiumi diventerebbero immensi strati di ghiaccio in inverno, e nell'estate si convertirebbero in vapore, coprendo di ab-

bondantissima nebbia la terra, e questa poco dopo verrebbe inondata e sommersa da dirottissime piogge.

Per questa medesima cagione non si riscalda l'acqua che i maniscalchi tengono sempre in un trogolo per tuffarvi i ferri infuocati da cavallo, onde acquistino più compattezza e più durezza. Ed i vapori che si alzano da quel punto dell'acqua ov'è tuffato il ferro, manifestano con evidenza la poca conducibilità di essa, perchè si vaporizza prima che a tutta la massa liquida del trogolo sia passato il calore del ferro incandescente; il che non succederebbe se il calore rapidamente si trasmettesse alle molecole del liquido.

Ma con tutto questo non intendo dirvi che un certo grado di conducibilità non lo abbia; chè lo ha difatto, e prova ne sia che se tuffiamo le mani nell'acqua, ne abbiamo subito un'impressione di fresco, perchè conducendo il calorico alquanto meglio dell'aria, assorbe il calore più rapidamente di questa dalle mani che vi si immergono.

Nè la sola acqua allo stato liquido, ma anco allo stato di neve e di ghiaccio possiede poca conducibilità. Difatto le semente e le piante meglio si conservano dai rigidi freddi dell'inverno, se restano sotto la neve, perchè questa impedisce al calore del suolo di disperdersi per l'aria. Come pure il ghiaccio si conserva in estate entro le ghiacciaie, benchè al di fuori sia un gran caldo, non solo perchè sono esse costruite in maniera che il caldo non possa facilmente penetrarvi, ma anco perchè il ghiaccio è per se stesso, come la neve, poco conduttore del calorico.

187. Applicazioni utili della maggiore o minore conducibilità dei corpi. — Della maggiore o minore conducibilità dei corpi si fanno molte appli-

cazioni. Quando, per es., si tratta di conservar caldo un liquido per lungo tempo, giova chiuderlo in un vaso a doppia parete, e riempirne l'intervallo di materie non conduttrici, come segatura di legno, vetro, carbone triturato, paglia, cotone e lana in bioccoli, perchè queste materie impediscono la dispersione del calorico col trasmetterlo lentissimamente all'aria.

E siccome gli stessi mezzi che si adoprano per impedire ad un corpo di raffreddarsi, giovano ancora per impedirgli di riscaldarsi, così avvolgendo nella lana il ghiaccio, o coprendolo con segatura di legno, con polvere di carbone, o con paglia tritata, otterremo che il calorico dell'aria penetri lentissimamente fino al ghiaccio, e questo si conserverà solido per più lungo tempo che non farebbe se esposto immediatamente all'aria.

Così pure l'acqua caldissima contenuta in uno scaldapiedi di metallo, o se vogliamo, in una boccia di cristallo grosso o di terra cotta, (che all'occasione fa il medesimo effetto) perchè si raffreddi più tardi, si sogliono fasciar di flanella. Lo stesso si dica di un mattone incalorito al fuoco, di cui talvolta si servono i poveri per riscaldare i piedi ai loro ammalati, collocandolo in fondo al letto e fasciato di un panno di lana.

Anzi rispetto ai mattoni, giova avvertire che, attesa la proprietà che essi hanno di resistere ad un gran calore senza spaccarsi, e di conservarlo in se stessi per lungo tempo, gli uomini ne costruiscono fornelli e fornaci, e colla medesima argilla di che si formano i mattoni, turano gli sfiatatoi delle fornaci medesime per sempre più impedire la dispersione del calorico, che si procura di concentrare nella fornace colle legna che si ardono all'imboccatura di essa.

La sabbia o rena, come comunemente si chiama, essendo un cattivo conduttore, è impiegata essa pure per impedire la dispersione del calorico in quei corpi che ne sono penetrati; e così una palla di ferro infuocata si mantiene caldissima per lungo tempo, se coperta di sabbia.

Al contrario poi se vogliamo comunicare il calorico ad un corpo che non si possa mettere immediatamente sul fuoco, vi si pongono di mezzo dei buoni conduttori. Difatto se vogliamo scaldare dell'acqua, siccome questa messa sul fuoco, lo estinguerebbe, si pone in vasi appropriati, e si applica il fuoco a questi. L'esperienza ha insegnato a preferire per questo i vasi di metallo; i quali, come ottimi conduttori, trasmettono prontamente il calorico all'acqua ed agli altri liquidi. In mancanza di vasi di metallo, s'impiegano di terra cotta, ch'è un mediocre conduttore; ma non si mette mai sul fuoco un vaso di legno pieno d'acqua per riscaldarla, perchè il calorico, anzichè trasmettersi a tutta la massa del legno, si accumulerebbe sul punto che fosse a contatto col fuoco, e lo brucerebbe senza riscaldare l'acqua, che anderebbe a spandersi nel fuoco. Ma di legno invece si fa il manico di alcuni vasi di metallo che sono destinati a riscaldare i liquidi, acciocchè non brucino la mano che li tocca quando sono molto incaloriti.

Le vesti, colle quali ci difendiamo dal freddo nell'inverno, agiscono per la medesima proprietà, sebbene in un modo contrario. Le vesti per se stesse non ci danno calore, ma invece ne ricevono da noi; difatto le mettiamo sul nostro corpo fredde, e le caviamo calde. Quando l'aria e gli altri corpi, dai quali siamo circondati, sono molto più freddi del nostro corpo, (il quale

conserva sempre nell'interno circa 37 gradi di calorico), questo tende a sfuggire e propagarsi ai corpi che lo circondano e che sono più freddi di lui. Allora noi cerchiamo d'impedirlo per mezzo delle vesti; le quali poste fra il nostro corpo e l'aria, si oppongono alla dispersione del calorico, come cattivi conduttori. Non è già che l'uomo, adottando l'uso delle vesti, abbia ragionato intorno ai corpi conduttori o non conduttori; ma egli ha seguitato le lezioni dell'esperienza, o piuttosto quelle della natura, che ha vestito gli animali, e specialmente quelli che aveva destinati a vivere nei climi più rigidi, di peli foltissimi, di penne, di piuma, di lana, di materie insomma che essendo poco o punto conduttrici del calorico, difendono il corpo dalla dispersione di questo, cioè dal freddo. E di vero osserviamo che i piccoli uccelli, siccome più delicati, hanno una piuma più sottile e fitta degli uccelli più grossi; come le bestie che abitano le regioni fredde, hanno il corpo coperto da un pelo più fitto, più sottile e più lungo di quelle destinate a vivere in contrade calde. Così i Lapponi ed altri popoli che dimorano nelle gelate regioni presso i poli, portano addosso delle pelli di animali, o pellicce, col pelo dalla parte della carne, e ne risentono più vantaggio che se le indossassero dalla parte opposta, perchè la superfice delle pelli essendo liscia, impedisce al vento di penetrare fino al corpo; e perchè l'aria contenuta fra i peli delle pellicce, si riscalda presto al contatto del corpo; e così questo è difeso da un manto per dir così d'aria calda, impenetrabile al vento ed al freddo.

Per l'effetto pure di questa spece di manto d'aria calda, gli abiti delle donne tengono più caldo di quelli degli uomini, perchè nella circonferenza della sottana vi

si conserva una gran quantità d' aria calda, alla quale la cintura, ordinariamente assai stretta sopra i fianchi, impedisce d' uscire.

Eccovi dunque spiegati, cari miei giovanetti, tanti fenomeni che abitualmente ci passano inavvertiti, e resa ragione di alcune cose che la maggior parte degli uomini fa per istinto d' imitazione e pel suggerimento dell' esperienza. Passeremo ora a parlare della causa, cui è dovuta la sensazione di caldo e di freddo.

188. **La sensazione di caldo o di freddo è dovuta alla conducibilità dei corpi.** — Dopo quello che abbiamo detto, non avrete dubbio a credere, miei cari, che il freddo non è un essere reale, ma consiste nella perdita o privazione del calorico; e che la sensazione di caldo o di freddo che proviamo al contatto di certi corpi è dovuta alla loro conducibilità. Infatti un pavimento di marmo o di mattoni ghiaccia i piedi più presto di un tavolato, perchè quello conducendo meglio il calorico che non fa il legno, lo assorbe prontamente dai piedi e da tutti i corpi che vi stanno sopra; e ci fa sentire la sensazione del freddo.

189. **Il grado di riscaldamento di un corpo dipende da quello dei corpi vicini.** — Ritenete dunque per cosa certa, miei cari, che le espressioni di *caldo* o di *freddo* sono relative; nessun corpo è propriamente caldo o propriamente freddo in sè stesso, ma è caldo o freddo in confronto di altri corpi.

Quando un corpo ha vicino a sè altri corpi più o meno caldi di lui, o dà o riceve del calorico, e in conseguenza o si riscalda o si raffredda. Ne riceve e si riscalda, se i corpi vicini sono più caldi; ne dà e si raffredda, se lo sono meno. Lo stesso segue a noi, cioè al nostro corpo.

Quando tocchiamo, o ci avviciniamo ai corpi meno caldi, una parte del calorico esce dal nostro corpo per entrare in quelli, e noi proviamo la sensazione del freddo, il quale non è altro, come si è detto, che la privazione o la perdita di una porzione di calorico; e però il grado di riscaldamento di qualunque corpo dipende da quello dei corpi vicini. Quindi le espressioni di caldo o di freddo sono relative; e nessun corpo è propriamente caldo o freddo in se stesso ma in confronto di altri corpi. Un corpo che dà del calorico ad altri corpi meno caldi di lui, può riceverne all' opposto da altri più caldi. Di più uno stesso corpo può sembrare caldo o freddo a due diverse persone, ed anche ad una stessa persona che lo tocchi colle sue mani diversamente preparate o disposte. Ponete una mano nel ghiaccio, l' altra nell' acqua fortemente riscaldata; e quando ambedue le mani sono molto incomodate una dal caldo e l' altra dal freddo, ponetele in un medesimo vaso pieno d' acqua temperata, come di pozzo. Quest' acqua sembrerà fresca alla mano tormentata dal calore, perchè trova in essa refrigerio, e sembrerà calda a quella incomodata dal ghiaccio, trovandovi egualmente sollievo.

Nel modo medesimo l' acqua d' un pozzo, e l'aria d' una cantina che presso a pochissimo sono allo stesso grado di riscaldamento in qualunque stagione, sembrano calde nell' inverno per il confronto degli altri corpi meno caldi di loro, sembrano fredde nell'estate, quando gli altri corpi sono più caldi.

Questo passaggio del calorico da un corpo negli altri cessa quando è giunto a produrre in essi un grado eguale di riscaldamento. L' equilibrio o l' eguaglianza che in tal modo si stabilisce è solo nel grado di

riscaldamento che i fisici chiamano temperatura, e non già nella quantità effettiva del calorico, la quale è diversa anche in corpi egualmente caldi.

190. **Capacità per il calorico. Calorico specifico.** — Infatti per riscaldare egualmente corpi diversi si richiedono diverse quantità di calorico; il che si chiama *capacità per il calorico*. Onde si dice che hanno maggior capacità per il calorico quei corpi i quali ne richiedono una quantità maggiore che altri, per riscaldarsi egualmente. Si chiama poi *calorico specifico* dei diversi corpi quella maggiore o minor quantità che uno in confronto dell'altro ne ritiene ad una data temperatura.

Che diversa sia la capacità che hanno per il calorico corpi diversi è facile dimostrarlo coll'esperimento che mi faccio a descrivere.

Dopo aver riscaldato, per es. una libbra d'acqua a 34 gradi, vi si mescola una libbra di mercurio raffreddato a zero. Per le cose che abbiamo detto, il calorico si diffonderà dall'acqua, ch'è più calda, nel mercurio che lo è meno, fintantochè ambedue si riducano ad un egual grado di riscaldamento, lo che presto accaderà. Ma quale sarà questo grado? L'acqua ne aveva 34, il mercurio era a zero. Trentaquattro gradi divisi in due parti eguali danno 17. Siccome tanto acquista il mercurio, quanto perde l'acqua, la temperatura dell'uno e dell'altra dovrebbe effettivamente diventare di 17, se fosse in essi eguale la capacità per il calorico, cioè se si richiedessero quantità eguali di calorico per riscaldare il mercurio e l'acqua ad un medesimo grado. Ma ben diverso è il resultato dell'esperienza; poichè si trova che tanto il mercurio, quanto l'acqua hanno una temperatura di 33 gradi. Dal che resulta

che la quantità di calorico atta a riscaldare d'un sol grado una libbra d'acqua, basta a riscaldare di 33 gradi una libbra di mercurio.

Se all'opposto si riscalda di 34 gradi una libbra di mercurio, si raffredda a zero una libbra d'acqua, e si mescolano insieme, si troverà che l'uno e l'altra hanno un solo grado di temperatura. Segue da ciò che quella quantità di calorico che scaldava di 33 gradi una libbra di mercurio, non è capace a riscaldare che d'un sol grado una libbra d'acqua. Onde possiamo dire che l'acqua ha per il calorico una capacità maggiore del mercurio nella proporzione di 33 a 1; ossia che per riscaldare egualmente una quantità di mercurio ed una d'acqua, eguali in peso ed in temperatura, ci vuole per l'acqua una quantità di calorico 33 volte maggiore che per il mercurio.

Concluderemo dunque che la sensazione di caldo o di freddo è dovuta alla conducibilità dei corpi; che il grado di riscaldamento di un corpo dipende da quello dei corpi vicini; e che diversa è la capacità che per il calorico hanno corpi diversi.

TRATTENIMENTO XVII.

CONTINUA DEL CALORICO

SOMMARIO

Propagazione del calorico. — Irradiazione del calorico. — Velocità del calorico raggiante. — Intensità del calorico raggiante. — Riflessione del calorico. — Gli specchi concavi o ustorii. — I corpi hanno le proprietà di riflettere, di assorbire e di emettere il calorico. — Applicazioni di queste proprietà. — Il vapore impiegato come forza motrice. — Storia dell'invenzione delle macchine a vapore. — Principii sui quali appoggiasi la costruzione delle macchine a vapore. — Locomotive. — Parti principali di una locomotiva. — Azione del vapore nelle locomotive. — Applicazione del vapore alla navigazione.

Dopo quello che abbiamo detto intorno al calorico, dobbiamo ora, miei cari giovanetti, conoscere il modo in cui egli si propaga, l'applicazione che fassene nelle macchine a vapore, e finalmente quali sieno le sue sorgenti. Cominceremo dalla propagazione.

191. Propagazione del calorico. — Voi medesimi avrete più volte osservato che gli oggetti sono caldi o freddi secondo che caldo o freddo sia l'ambiente dal quale sono circondati. Paragonate la temperatura dell'acqua stata una notte d'inverno in una stanza esposta a settentrione, colla temperatura di altra acqua stata nella camera ove dormite, vi troverete non piccola differenza. E come dell'acqua, così dicasi di tutti gli altri oggetti che saranno collocati nelle due stanze.

Questa osservazione induce a concludere che la temperatura di un corpo, collocato in un ambiente più caldo o più freddo, s'innalza o si abbassa progressivamente sino a raggiungere quella dell'ambiente medesimo; e che i corpi acquistano o perdono una certa

quantità di calorico ricevendola dai corpi vicini, o cedendola ad essi. Così quando noi vogliamo raffreddare un liquido od un oggetto qualunque, lo teniamo esposto all'aria, acciocchè questa assorbendone il calore, lo raffreddi. E onde il raffreddamento si faccia con più rapidità, se è un liquido, lo agitiamo, come si fa della minestra col cucchiaio; acciocchè il movimento della mano e del braccio metta in agitazione, oltre la minestra, anco l'aria che le sta sopra.

Ora dunque se i corpi guadagnano o perdono il calorico secondo l'ambiente in cui sono collocati, ciò deve succedere per trasmissione; e difatto è ormai dai fisici avverato, che il calorico si trasmette da un corpo ad un altro nella stessa maniera della luce. Il calorico che si propaga così a distanza si chiama *calorico raggiante*; e *raggio di calorico* o *raggio calorifico* la linea retta che percorre propagandosi.

192. **Irradiazione del calorico.** — Questo fenomeno è ciò che chiamasi *irradiazione del calorico*; differente dalla conducibilità, la quale consiste, come vedemmo, nel trasmettersi che fa il calorico per entro alla massa dei corpi, passando di molecola in molecola.

Si è pur anche stabilito che l'irradiazione del calorico avviene in tutte le direzioni intorno ai corpi, avviene in linea retta; e che quando i raggi calorifici debbono attraversare un corpo più denso dell'aria, come sarebbero l'acqua, il cristallo, per arrivare ad un altro corpo, questi sono generalmente deviati, come i raggi luminosi.

Questo fenomeno di deviazione chiamasi *rifrazione*, com'è denominata pure la deviazione dei raggi luminosi.

193. **Velocità del calorico raggiante.** — La

velocità colla quale si propaghino i raggi calorifici non è determinata; ciononostante si ritiene essere grandissima, come tale è quella dei raggi luminosi. Ed anzi s' inclina a credere che sia eguale, perchè la luce solare e la maggior parte delle luci artificiali sono sempre accompagnate da raggi calorifici.

194. **Intensità del calorico raggiante.** — Intenderemo per intensità del calorico raggiante la quantità di calore ricevuta da un corpo trasmessogli da un altro corpo. Questa quantità di calore può essere più o meno grande secondo che sia più o meno grande la quantità che ne contiene la sorgente dalla quale emana il calore medesimo; secondo la distanza che passerà dal corpo raggiante a quello che riceve i raggi calorifici; e finalmente secondo che questi sieno più o meno oblicui rispetto alla superficie che li emette. Un esempio vi renderà più chiare queste verità.

Se avvicino alla parte superiore di una grossa fiaccola un foglio, questo mi arderà molto prima che se lo avvicinassi alla piccola fiamma di una candela, perchè la quantità di calorico che emana dalla prima sorgente è più grande di quello che deriva dalla seconda. Se alla fiaccola eguale di due candele avvicino due fogli in modo che uno sia più presso alla sorgente del calorico che non l'altro, quello arderà prima di questo, sebbene esposti a due sorgenti che emanino una medesima quantità di calorico. E finalmente se ad una medesima fiamma avvicino ad egual distanza due fogli, ma uno che le stia sopra e l'altro allato, quello arderà molto prima, perchè riceve i raggi calorifici direttamente, e l'altro oblicuamente. Ciò basti per darvi un' idea dell' intensità del calorico raggiante. Passerò a parlarvi della riflessione del calorico.

195. Riflessione del calorico. — Quando i raggi calorifici, emanati da una sorgente qualunque, cadono sulla superfice di un corpo, si dividono generalmente in due parti. Alcuni penetrano nella massa del corpo, altri rimbalzano, quasi respinti dalla superfice medesima, come avviene di una palla che gettiate contro un muro. Quei raggi calorifici che un corpo rimanda in dietro, sono dai fisici chiamati *riflessi*, ch'è quanto dire respinti.

196. Gli specchi concavi o ustorii. — Rispetto alla riflessione dei raggi calorifici molte ed importanti sono le osservazioni e le scoperte ormai fatte dai fisici; ma perchè sono elleno troppo superiori alla vostra intelligenza, così io penso di limitarmi a dirvi soltanto qualche cosa intorno a certi apparati che si chiamano in fisica *specchi concavi*.

Per farvi un'idea di questi, immaginate di avere una sfera di rame vuota nell'interno, la quale segata, possa dividersi in due metà dette *emisferi*. In questi voi avreste, miei cari, due specchi concavi di rame; i quali se invece fossero di vetro, sarebbero specchi concavi di vetro, che dalla loro superfice concava rifletterebbero, come quelli di rame, i raggi calorifici. E siccome i raggi riflessi dalla superfice sferica di questi specchi, vanno a concentrarsi in un punto; così vengono chiamati ancora specchi *riflettori*. Dunque gli specchi concavi o riflettori non sono altro che superficie sferiche di metallo o di vetro che servono a concentrare in un punto i raggi calorifici. E questo punto sul quale vanno essi a concentrarsi si chiama il *foco* dello specchio, come sarebbe indicato

Fig. 76.

da C nella fig. 76, ove l'arco A B sta ad indicare la superfice di uno specchio concavo, e le linee *e*, *m*, *n*, *o*, *s*, i raggi calorifici riflettuti e riuniti sul foco C.

Ora siccome in uno specchio concavo si può raccogliere una quantità di calorico, vegnente dal sole, viepiù maggiore quanto più grande sia la sua superfice, e concentrare nel foco della lente una gran quantità di calorico al punto d'incendiare anco grosse tavole di legno, così vengono questi specchi riflettori chiamati ancora specchi *ustorii*, perchè abbruciano qualunque cosa che per sua natura possa incendiarsi. Difatti voi avrete letto nella storia antica di Roma che Archimede incendiasse per mezzo di tali specchi le navi romane che, ferme in porto davanti a Siracusa, tenevano assediata questa città.

Di questi specchi dicesi che si servisse anco Proclo per abbruciare la flotta di Vetellio che assediava Costantinopoli. E Buffon, celebre scenziato francese, per convincere coloro che negavano fede a questa invenzione d'Archimede, ne compose uno di 168 specchietti piani, e con esso potè accendere delle legna poste a cento braccia di distanza, squagliare il piombo a 60 braccia, e l'argento a 25 braccia.

197. I corpi hanno le proprietà di riflettere, di assorbire e di emettere il calorico. — Tutti i corpi, quali più e quali meno, hanno la proprietà di riflettere, di assorbire e di emettere il calorico, perchè difatto essi riflettono una parte più o meno grande del calorico che da una sorgente ricevono; lasciano essi penetrare nella loro massa una parte più o meno grande del calorico che ricevono; ed emettono ossia tramandano una quantità più o meno grande del calorico che ricevono. Queste tre proprietà di riflettere, di as-

sorbire e di emettere hanno molte applicazioni nelle arti e negli usi comuni della nostra vita.

L'esperienza avendo fatto conoscere che i corpi migliori per riflettere il calorico, sono i peggiori per assorbirlo, ha suggerito l'uso delle vesti bianche in estate, perchè il bianco essendo un cattivo assorbente, prende dall'aria molto meno calorico del nero, ed in conseguenza tengono esse più fresco il nostro corpo. Per ottenere più calorico da un caminetto, se ne riveste la superfice interna di ambrogette o lastre di porcellana o di maiolica bianche e lucenti, perchè il bianco come abbiamo detto, e la lucentezza pure aumentando nei corpi la proprietà di riflettere il calorico, il caminetto rifletterà per conseguenza una quantità maggiore di raggi calorifici verso la stanza.

Riconosciuto che i migliori riflettori sono sempre quelli fatti di metallo bianco, lucente e levigato, anzichè coperto di una tinta scura, o scabroso, voi avrete più volte veduto vendersi dagli Stagnini certi oggetti di latta alquanto lunghi e convessi, destinati a mettersi dinanzi al fuoco quando si fa l'arrosto. E sono essi difatto utili, perchè riflettendo sull'arrosto il calorico che ricevono dal fuoco, quello più presto si cuoce; e la persona che assiste alla cottura della vivanda viene ad esser meno incomodata dal calore che tramanda il fuoco; ed anche la cucina si mantiene più fresca.

Rispetto alle applicazioni dell'altra proprietà che hanno i corpi, cioè di assorbire il calorico, ricordate prima, miei cari, che ogni sostanza che assorbe bene il calorico, è un cattivo conduttore di esso, ovvero non è atto a trasmettere liberamente e prontamente il calorico che riceve; ma anzi ad ammassarlo e ritenerlo nella sua sostanza, e non emetterlo che lentamente e

difficilmente. Al contrario ogni corpo che sia buon conduttore del calorico, non lo assorbe che lentissimamente. In conseguenza la superfice esterna di un paiolo e di altro vaso simile, è bene che sia annerita dal fumo, perchè la superfice di un corpo qualunque annerita assorbe liberamente il calorico dal fuoco, e il metallo conduce fino alla materia contenutavi il calore assorbito. Per altro è utile osservare che se lo strato di nero fumo vi diventa soverchio e grosso, anzichè favorire, si oppone all'assorbimento del calorico, e ritarda la cottura della sostanza che sia dentro al paiolo, o l'ebollizione del liquido che vi sia contenuto.

Per le medesime ragioni l'acqua in estate si manterrà più fresca entro un vaso di metallo bianco lucente che in uno di terra, perchè quello non assorbe il calore del sole come fa l'altro di terra di color cupo. Così pure indossando vesti nere o di color cupo in estate, noi sentiamo più caldo, perchè in esse è maggiore la facilità di assorbire dall'aria il calore che riceve dal sole. Lo stesso si dica dei guanti neri di pelle, ai quali sono preferibili in estate quelli di filo o di seta e di color chiaro. Di color chiaro, perchè questo si oppone all'assorbimento del calore dell'aria; di seta o di filo, perchè queste sostanze, al contrario della pelle, essendo buoni conduttori del calorico, lo assorbono dalle mani e lo trasmettono all'aria; ed anche perchè attraggono facilmente la traspirazione o sudore della nostra pelle, danno un facile adito all'aria attraverso la loro sostanza, e tengouo asciutte le mani. Nè senza ragione trovano utile alcuni l'indossare in inverno più d'una camicia, a misura che il freddo aumenta; poichè il tessuto bianco di esse non assorbendo il calore

del corpo, questo si mantiene più caldo, e sente meno l'abbassamento della temperatura atmosferica.

Alcuni fenomeni pure si spiegano col potere assorbente o non assorbente dei corpi. Il calore ardente del sole, per es., cagiona bruciature e vescichette sulla pelle nostra, e non sopra quella dei negri. Perchè? — Perchè la nostra pelle, essendo bianca, non assorbe il calore solare; e per conseguenza i raggi del sole si fermano sulla sua superfice e la bruciano. Mentre la pelle dei negri, essendo nera, assorbe il calore, e lo lascia facilmente passare. Di qui avviene che se la pelle dei negri assorbe molto più calore che non la nostra, essi ne sono però compensati dal vantaggio che per quanto stiano esposti all'ardente sole dei tropici, la loro pelle non brucia, nè vi si produce svescicamento.

Infatti teniamo per lungo tempo al sole una mano coperta da un guanto bianco, e l'altra da un guanto nero, quella verrà bruciata dal sole, e questa la ritrarremo umida di sudore e più incalorita, ma però senza avere minimamente sofferto.

Providenziale è pur nei negri la nerezza dei loro occhi pari a quella della pelle, perchè se fossero di un color chiaro (come negl'inglesi destinati a vivere in regione quasi sempre offuscata da nebbie) non potrebbero tollerare il vivo splendore del sole tropicale, ne sarebbero abbagliati e presto diventerebbero ciechi. E perciò molti tra noi che non possono tollerare in estate lo splendore del sole, portano occhiali di cristallo o verde o celeste o color di fumo.

Nell'assorbimento del calorico si trova pur la ragione per cui la brina resta sui marmi bianchi delle sepolture più lungo tempo che sull'erba onde sono circondati, e sui viali sabbiosi di un cimitero; poichè

quei marmi non assorbendo il calore, si mantengono freddi, e la loro bassa temperatura ritarda lo scioglimento della brina in acqua, e di questa poi l'evaporazione.

Nell' assorbimento del calorico si trova pur la ragione per cui la temperatura delle isole è meno variabile e più eguale di quella dei continenti. E ciò perchè in estate il mare che circonda le isole, assorbe molto calore, e al contrario in inverno ne emette quanto basta per addolcire i rigori del freddo, tranne il caso che sia ghiacciato. Ma questo accade raramente nei nostri climi, ove il mare è sempre più caldo della terra, sulla cui superfice l'acqua è gelata.

Così per le medesime ragioni la temperatura delle isole in estate è più fresca che nei continenti, perchè il mare che la circonda, assorbe una gran quantità di calorico, e perchè ancora il movimento delle onde e le brezze marine contribuiscono a diminuire il calore dell' aria.

Diremo ora delle applicazioni del calorico rispetto alla sua terza proprietà, cioè di emettersi sotto la forma di raggi. Ricorderete miei cari che chiamasi calorico raggiante il calore propagato da un corpo ad un altro a distanza e attraverso un cattivo conduttore, come sarebbe l'aria. I raggi del sole infatti giungono sulla terra attraverso gli strati atmosferici, e la riscaldano, perchè l'aria che s'interpone fra il sole e la terra è cattivo conduttore.

Per questa proprietà del calorico sono appunto impiegati i *caloriferi* per riscaldare l'ambiente delle case. Si mettono nel letto ai malati delle bocce di terra cotta o di vetro grosso colorito ripiene d'acqua ben calda, acciò si mantengano caldi i loro piedi; come pure

si tengono in inverno sulla mensa certi recipienti d'argento o d'altro metallo lucido e bianco, oppure di porcellana parimente bianca, detti *scaldavivande*, ripieni essi pure di acqua ben calda per conservar calde le vivande. Ed a quest'uso si preferiscono i metalli lucidi e bianchi o la porcellana, com'io diceva, perchè queste sostanze per esser lucide e bianche, emettendo il calore lentamente, perciò conservandosi calde più lungo tempo, mantengono pur caldo il piatto o vassoio che vi stia sopra, e con esso la vivanda che contiene. Per le medesime ragioni si preferiscono di metallo lucido e bianco i vasi destinati a conservar caldo il latte, a prepararvi il caffè, il thè e qualunque altra bevanda che debba essere ben calda. Ed in questo caso giovano non solo per conservare il liquido più caldo, ma per ottenerlo ancora più saporito, perchè quanto più calda vi si mantiene l'acqua che vi è gettata dentro, e tanto meglio essa estrae la sostanza saporosa dal thè e dal caffè. Al contrario i poveri nell'Inghilterra preferiscono generalmente per il thè un vaso di terra nera, perchè tenendolo sul fuoco, ne assorbe più liberamente il calore, e per essi il thè viene più saporoso. Mentre i non poveri, che si preparano questa bevanda col gettar dentro di un vaso le foglie di thè ed acqua bollente senza tenerlo sul fuoco, preferiscono il metallo lucido e bianco, onde più lentamente si disperda per la superfice esterna il calore dell'acqua.

Le stufe al contrario preferiamo che sieno tinte di colore scuro all'esterno ed annerite all'interno per aumentare in esse la facoltà raggiante; la quale resta assaissimo diminuita in quelle di porcellana o di altra terra coperta di vernice bianca.

Coll'emissione dei raggi calorifici, si spiega fi-

nalmente il perchè dopo il tramonto del sole gli strati inferiori dell'aria sono più freddi dei superiori; ed è perchè il suolo presto perdendo in raggi il calore ricevuto dal sole, l'aria che gli sta sopra, viene per conseguenza a raffreddarsi più presto. Per la qual cosa soffrono non rare volte le pianticelle e gli arbusti che poco si elevano dalla superfice della terra, perchè perdendo questa nella notte il calore ricevuto dal sole, le pianticelle pure ne rimangono prive, e patiscono.

198. **Il vapore impiegato come forza motrice.** — Ora è tempo, miei cari, che noi entriamo a parlare del vapore d'acqua impiegato come forza motrice.

Il vapore d'acqua è uno dei più potenti motori che possediamo, come pure il più prezioso per l'industria, non solo perchè possiamo dargli l'intensità o la potenza che vogliamo, ma ancora perchè lo facciamo agire dovunque, e a nostra volontà lo règoliamo. Ma prima di entrare nella descrizione di alcuna macchina diretta ad impiegare con profitto il vapore d'acqua, non sarà vano il ricordarvene, miei cari, le principali proprietà che sono la base di qualunque macchina a vapore.

Quando una certa quantità d'acqua è contenuta in un vaso chiuso, ma che però non lo riempie, una porzione di quell'acqua si riduce in vapore, qualunque sia la temperatura che le dà il fuoco, e si spande nella parte del vaso non occupata dall'acqua. Di mano in mano che incalorendosi l'acqua, il vapore si forma e si accumula nello spazio che sormonta la massa d'acqua, la sua forza elastica vi si accresce fino ad un certo punto, che chiamasi *tensione massima*. Al di là di questo punto non vi è più produzione di vapore, e lo

spazio ov' egli sta chiuso dicesi *saturato*, ch' è quanto dire, ripieno di vapore in modo, da non poterne contenere dell' altro. Egli possiede allora la sua maggior forza elastica.

Un liquido qualunque, giunto al termine di ebollizione, acquista una forza elastica capace di vincere la pressione atmosferica alla quale è sottoposto. Tal' è l'acqua calda a 100 gradi, che può sollevare, come sapete, l' atmosfera. Crescendo la temperatura, cresce nel vapore la tensione, e con essa la pressione che ne è l'effetto. A 121 grado la tensione del vapore è il doppio di quello che era ai 100; a 135 ne è tripla. Nel linguaggio tecnico si è adottato di dire che il vapore alla temperatura di 121 grado ha la forza di due atmosfere, a quella di 135 gradi, la forza di tre atmosfere, e via discorrendo, perchè se sopra quel vapore gravitasse un' atmosfera che fosse in altezza due e tre volte maggiore di quella che circonda la nostra terra, l'atmosfera ne sarebbe sollevata.

199. **Storia dell' invenzione delle macchine a vapore.** — L' invenzione delle macchine a vapore essendo fra le più importanti dei tempi nostri, Arago, celebre fisico ed astronomo francese, ne pubblicò una notizia storica, della quale eccovi il sunto.

Erone di Alessandria, che voi conoscete, miei cari, come inventore della fontana che porta il di lui nome, sembra essere stato il primo che abbia avuto l' idea d' impiegare il vapore come forza motrice. Ma la sua macchinetta, chiamata *eolipila*, non ha idea alcuna colle attuali macchine a vapore; e il modo col quale questo agisce nella sua è essenzialmente diverso da quello delle nostre macchine.

Dopo di lui passarono circa 18 secoli senza che

alcuno scenziato studiasse intorno all' applicazione del vapore come forza motrice. Nel 1615 Salomone di Caus, ingegnere francese, costruì una macchina, colla quale la pressione diretta del vapore produceva la sollevazione in aria di un liquido.

Nel 1628 il nostro italiano Branca indicò l' uso della forza diretta, proveniente dallo sgorgo del vapore, con una macchina che ha molta analogia coll' eolipila di Erone in quanto al modo in cui agisce il vapore.

Un globo metallico A, (fig. 77) contenente dell' acqua, e posato sopra una specie di tripode, viene incalorito con una fiaccola a spirito. Il vapore formatosi entro al globo, n'esce attraverso il tubo C, e viene ad investire le palette di una ruota D, la quale fa muovere la manovella E, fissata ad un'estremità dell' asse della ruota medesima. Voi vedete che congiungendo questa manovella ad un meccanismo qualunque, se ne può ottenere un resultato utile all' industria. Ma neppur questa possiamo veramente riguardarla come l' origine delle macchine a vapore.

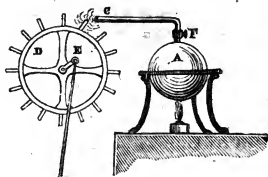



Fig. 77.

Papin, nato á Blois in Francia, fu il primo che nel 1690 inventò una macchina, nella quale il vapore faceva muovere dal basso all' alto uno stantuffo. Fino a quell' epoca niuna macchina erasi costrui-

ta in gran dimensione, ed applicabile ai bisogni dell' industria. Il capitano Savery costruì nel 1698 le prime macchine destinate a sollevar l'acqua, ma i più importanti perfezionamenti che nel 1796 vi furono fatti, si debbono a Giacomo Watt. Fino a quell' epoca della macchina a vapore non si aveva che qualche piccola idea; ma per il genio di questo illustre meccanico inglese ella divenne un motore universale, capace di sostituire i motori animati in tutte le circostanze, nelle quali sia d' uopo sviluppar della forza per ottener del lavoro. Molti ed utili perfezionamenti sono stati fatti in seguito da Woolf e da altri meccanici, che le hanno portate al grado di semplicità e di perfezione nel quale noi le vediamo attualmente. In esse la forza del vapore si calcola paragonandola alla pressione atmosferica, e così si distinguono in tre classi; cioè a *bassa*, a *media* e ad *alta pressione*. *Bassa* chiamasi quella, ove la forza del vapore è al di sotto di due atmosfere; *media* quella ch' è tra le due e le quattro; *alta* quella ch' è superiore alle quattro atmosfere.

Passeremo ora a parlare dei principii sui quali appoggiasi la costruzione delle macchine a vapore.

200. **Principii sui quali appoggiasi la costruzione delle macchine a vapore.** — Immaginate un grosso cilindro di ferro F, (fig. 78) chiuso ermeticamente alle sue due estremità, e dentro il quale si muova uno stantuffo S. Supposto il cilindro così chiuso, se da una estremità di esso si fa giungere un getto di vapore sopra una delle due estremità dello stantuffo, questo sarà spinto fino all' estremità opposta del cilindro, qualora non trovi resistenza. Arrivato là, se faremo uscire il vapore introdotto, e nel tempo stesso faremo giungere un nuovo getto di vapore sull' altra

estremità dello stantuffo, questo sarà spinto in dietro dalla forza elastica del vapore. E così alternando i due getti sulle due estremità dello stantuffo, questo si muoverà da destra a sinistra, da sinistra a destra, o da alto in basso e viceversa.

Fig. 78.

Esaminiamo ora come si può far entrare ed uscire il vapore nel cilindro F. Noi faremo entrare ed uscire il vapore nel cilindro con adattare alle due estremità di questo quattro piccoli tubi A, B, C, D, muniti di una chiavetta; che quelli indicati da A e B sieno in comunicazione colla caldaia nella quale si forma il vapore; e che gli altri due C e D sieno in comunicazione con altra caldaia esterna o con un vaso entro cui vada a sboccare e raffreddarsi il vapore. Se apriremo la chiavetta del tubo B, entrerà il vapore al di sotto dello stantuffo, e lo spingerà in fondo al cilindro. Il vapore che per effetto della sua forza elastica ha spinto lo stantuffo fino all'estremità M, ha aperto la chiavetta del tubo D e per esso si è dileguato. Giunto lo stantuffo in M e dileguatosi il vapore, le chiavette dei due tubi B e D si chiudono, e si aprono invece quelle dei tubi A e C. Il vapore entrerà pel tubo A, spingerà lo stantuffo all'estremità opposta, e si dileguerà pel tubo C. I due tubi D e C, che sono detti di scarico, facendoli passare per serbatoi d'acqua fresca, raffredderanno il vapore, e questo tornando subito allo

stato liquido, non opporrà alcuna resistenza allo stantuffo, e così questo potrà liberamente scorrere da destra a sinistra e viceversa, finchè andranno a cadere sopra di lui i getti di vapore.

Sopra questi semplici principii sono costruite, miei cari, le moderne macchine a vapore e le locomotive; nelle quali il vapore per causa della sua forza elastica, imprime ad uno stantuffo un moto in linea retta alternativo, il quale viene in seguito trasformato in moto circolare continuo per mezzo di organi meccanici, che differiscono fra loro secondo che si tratti di macchine a vapore da dover rimaner sempre fisse in un luogo, o di locomotive per le vie ferrate e pei battelli detti a vapore.

Ciò premesso, dirò delle locomotive.

201. **Locomotive.** — Si chiamano *macchine locomotive*, o semplicemente, *locomotive*, alcune macchine a vapore, che disposte sopra carri, si trasportano da sè stesse da un luogo all' altro, e rimorchiano sulle strade ferrate le carrozze o vagoni che uno dopo l' altro stanno ad esse congiunte per mezzo di grosse catene di ferro.

La descrizione di una locomotiva in tutte quante le sue parti sarebbe cosa per voi, miei cari giovanetti, difficile a comprendersi e perciò inutile. Quindi è che stimo meglio enumerarvene le parti principali soltanto, la cognizione delle quali vi conduca ad avere un' idea chiara del come succede che la locomotiva si spinge da per sè in avanti e con tanta forza da trarsi dietro molti vagoni carichi di gente, di mercanzie e di animali.

Prima d' indicarvi l' azione del vapore in questi meccanismi, cercate, miei cari, di conoscer bene sulla

figura 79 le parti che vi sono indicate colle lettere corrispondenti alla qui appresso leggenda esplicativa.

202. **Parti principali di una locomotiva.** — A A corpo cilindrico della caldaia, coperto di doghe di un legno, detto acajù, onde ritardare la perdita del calorico.

B B Cassa di riscaldamento sormontata da una cupola nella quale passa il vapore.

C Tubi d'ottone in numero di 125, aperti alle due estremità, i quali comunicano ad un capo colla cassa di riscaldamento, ed all'altro colla cassa fumaria. Questi tubi trasmettono il calore del focolare all'acqua della caldaia e contribuiscono a convertirla in vapore.

D Sportello del focolare pel quale s'introduce il carbone, o le legna.

E Cassa fumaria nella quale sboccano i tubi C.

F Tubo del cammino, pel quale sfuggono il fumo e il vapore che escono dai cilindri C.

G Chiavetta di scarico della caldaia.

H Parte inferiore della cassa di riscaldamento contenente la graticola del focolare.

K Tubo di rame che riceve il vapore dall'estremità I e si biforca all'altra estremità per condurlo ai due cilindri che contengono gli stantuffi motori.

L Cilindro di ferro che contiene uno stantuffo motore. Qui è disegnato aperto perchè si veda lo stantuffo.

M Stantuffo metallico la cui asta si articola coll'asta N.

N Grande astà motrice a forchetta, che riunisce la testa dell'asta dello stantuffo alla manovella P della ruota motrice.

P Manovella che trasmette all'asse della ruota grande il movimento dello stantuffo.

R Tubo pel quale sfugge il vapore dopo che ha agito sugli stantuffi.

S Attaccatura del *tender* che qui non si vede, ma che segue la locomotiva, e nel quale si tiene l'acqua per fornirla alla caldaia di mano in mano che si consuma.

T T Tubi che conducono l'acqua del tender, mediante due trombe prementi che qui non si vedono.

U Fischietto d'allarme o d'avviso, che si fa udire alla distanza di 2000 metri.

V V Guide di ferro tenute ferme sulla via per mezzo di cuscinetti di ferro fissati sopra traverse di legno.

Z Pezzo di ferro che scaccia le pietre o qualsiasi altro oggetto che ingombri la via, onde allontanare il pericolo che la locomotiva, e dietro essa i vagoni, escano dalle rotaie di ferro.

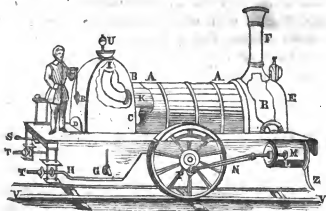



Fig. 79.

203. Azione del vapore nella locomotiva. — Ora che abbiamo conosciuto nelle locomotive le prin-

cipali parti, passeremo a vedere l'azione che ha in esse il vapore.

Dentro alla cassa di riscaldamento B B tutta di metallo, si contiene l'acqua, la quale riempie ancora parte della cupola. Ogniqualvolta la cassa di riscaldamento abbia bisogno d'acqua, vi si manda dal *tender* ch'è un apparato che sta immediatamente dopo la locomotiva, e in cui sono due trombe prementi, mediante le quali l'acqua entra in due tubi (nella figura indicati da T T) e questi la conducono nella cassa di riscaldamento. Quivi l'acqua si scalda mediante il fuoco e la fiamma che stanno sempre a contatto colle parti esterne della superfice che nell'interno è bagnata dall'acqua. Il calore da questa cassa di riscaldamento si comunica all'acqua contenuta pure nel corpo cilindrico della caldaia A A, mediante i 125 tubi d'ottone che sono aperti, come abbiamo detto, alle due estremità, che attraversano il corpo cilindrico e mettono in comunicazione la cassa di riscaldamento colla cassa fumaria E, ch'è all'altra estremità del corpo cilindrico della caldaia. Qui è il tubo del camino F pel quale il fumo ed il vapore dei cilindri vanno a dissiparsi nell'atmosfera. Nella cassa fumaria, ove sboccano i tubi d'ottone non penetra l'acqua, la quale è tutta contenuta nella cassa di riscaldamento e nel corpo cilindrico della caldaia, che lo riempie fin sopra i tubi. Talchè o il carbone, o la fiamma, o il fumo sono dovunque in contatto coll'acqua, eccettuata, ripeterò, la parte anteriore della caldaia, ch'è la cassa fumaria.

Queste varie parti della caldaia formano un tutto fissato sopra uno stabile e robusto telaio di legno per mezzo di sproni inchiavardati da un lato colla caldaia, dall'altro sopra il telaio, ch'è sostenuto dalla sala

di sei ruote che servono al trasporto, e da robuste ma pieghevoli molle d'acciaio destinate ad addolcire le scosse, alle quali anderebbe soggetto tutto il meccanismo nel rapido movimento che gl'imprime la forza del vapore.

Abbiamo detto che la parte superiore della cassa di riscaldamento, cioè la cupola, non è occupata dall'acqua. Qui si raccoglie il vapore, e qui si eleva il tubo di rame K, entro cui penetra il vapore. Questo cilindro traversa in lunghezza tutto il corpo cilindrico della caldaia; all'estremità opposta si biforca, e conduce il vapore nel cilindro di ferro L, e nell'altro che rimane all'altro fianco della locomotiva. Questi due cilindri di ferro che ricevono il vapore sono disposti, come si vede nella figura, orizzontalmente in basso del cammino, e sono difesi dal contatto dell'aria esterna mediante il fumo ancora molto caldo che viene trasportato dai tubi d'ottone. Entro questi cilindri di ferro sta uno stantuffo parimente di ferro, (nella figura indicato da M) che spinto dal vapore condottovi dal tubo di rame K, agevolmente si muove da destra a sinistra e viceversa. Questo stantuffo termina in un'asta che si articola con una grande asta fatta a forchetta, nella figura indicata da N. Questa grande asta si articola nella estremità opposta e presso il centro della ruota grande con una manovella, indicata da P, la qual manovella trasmette all'asse della ruota grande il movimento alternativo d'innanzi e indietro dello stantuffo, e la ruota grande gira intorno a se stessa. Lo stantuffo è spinto innanzi entro il cilindro ogni volta che sbocca sopra la sua estremità interna un getto di vapore; e torna indietro appena che cessa sopra di lui questo sbocco, e che il vapore è passato entro il tubo

che sta in comunicazione col cilindro, e che nella figura si vede indicato dalla lettera R. E siccome abbiamo detto essere due i cilindri di ferro entro cui si muovono gli stantuffi, così sono due i tubi che stanno disposti in basso, come i cilindri, ai due fianchi della locomotiva, e pei quali si dilegua il vapore dopo che ha spinto innanzi lo stantuffo.

Quando la locomotiva dev' esser messa in viaggio, il Meccanico, così chiamato l' uomo che la dirige, primieramente esplora per mezzo di una valvola, se la pressione del vapore è sufficiente da trascinare tutti i vagoni che vi sono uniti. Per conoscere la maggiore o minor pressione, egli ha sulla cupola della cassa di riscaldamento uno strumento munito di una lancetta. Trovata sufficiente la pressione, spinge una leva la quale alza la valvola, che chiude un angusto spiraglio, per il quale passando impetuosamente il vapore, manda l' acuto fischio d' allarme, o d' avviso che si ode alla distanza maggiore di un miglio. Subito dopo spinge un'altra leva detta *leva del regolatore*, e tosto si apre la comunicazione fra l' imboccatura del tubo di rame K, e il vapore contenuto nella cupola. Il vapore tosto si precipita entro al tubo, penetra nei due rami nei quali si divide all' estremità opposta della caldaia, entra nei cilindri, vi alza una valvola della quale sono muniti, sbocca impetuoso sulli stantuffi, li spinge in avanti, poi li respinge in dietro, chiude la valvola per la quale è penetrato, ne apre un' altra, si dilegua, e fa posto ad un' altro sbocco di vapore il quale ripete la medesima azione del primo. I due stantuffi ricevendo dunque un moto alternativo innanzi e indietro, traggono seco la grand' asta a forchetta, ed essa imprime un moto rotatorio alla manovella delle due ruote grandi, e la lo-

comotiva si spinge in avanti, seco traendo tutto il convoglio carico di gente e di mercanzie. Ai due lati delle due ruote grandi ne sono altre due più piccole per ogni lato, le quali contribuiscono a sostenere il peso della locomotiva, e ad agevolarne la rapidità del movimento. Queste quattro piccole ruote sono tralasciate nella figura, acciò si potesse più chiaramente vedere il meccanismo mediante il quale vengono messe in moto le due ruote grandi, che sono dette motrici, perchè sono appunto quelle che imprimono il movimento a tutti i vagoni. Quando poi la locomotiva deve fermarsi alle stazioni, il Meccanico spinge in senso inverso là leva che apre e chiude l'imboccatura del tubo di rame, e allora il vapore più non penetra in esso, e cessando di spingere gli stantuffi, questi non muovono più la grande asta, nè la manovella, per cui le grandi ruote motrici si fermano; e fermate loro, non vi è più movimento in tutti i vagoni.

Dirò finalmente che la forza delle macchine a vapore si misura prendendo per unità il così detto *cavallo-vapore*, il quale rappresenta il lavoro necessario per alzare in un minuto secondo all'altezza di un metro un peso di circa 220 libbre. Per conseguenza una macchina della forza di 40 cavalli-vapore è quella che può alzare, senza interruzione 40 volte un peso di circa 220 libbre, ossia 8830 libbre circa ad un metro di altezza in ogni minuto secondo. Si calcola poi che il lavoro di un cavallo-vapore è circa il doppio di quello degli ordinari cavalli da tiro.

204. Applicazione del vapore alla navigazione. — Le locomotive sono pure applicate alla navigazione, e mediante esse, le navi si spingono sulla superfice dei mari, dei laghi e dei grandi fiumi, non

per forza di venti e di vele, ma del vapore, il quale mette in movimento due ruote di ferro fatte a pale, e che stanno collocate ai due fianchi del battello. Queste due ruote, girando, fanno l'azione dei remi, poichè s'immergono nell'acqua, si appoggiano successivamente a questa, e spingono innanzi la nave, come fa il barcaiuolo quando alza ed abbassa alternativamente i remi che tiene appoggiati sull'orlo della barca. Quelle due ruote essendo mosse per mezzo di un meccanismo presso che simile a quello delle locomotive per le strade ferrate, producono sulla nave i medesimi effetti che producono sulla locomotiva di terra le due grandi ruote motrici. L'appresso figura 80 offre l'immagine di un Piroscafo, ossia battello a vapore, dal cui centro sorge il tubo pel quale si dilegua il fumo, ed ai fianchi sono accennate le ruote e pale che lo spingono sull'acqua.

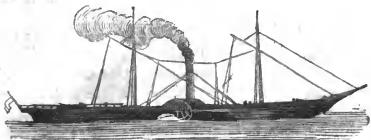



Fig. 80.

In quanto alla storia dell'applicazione del vapore alla navigazione, si narra che fino dal 1543 fosse offerta all'imperatore Carlo V dal capitano Blusco di Garay una macchina atta a spingere le navi senza vele e senza remi; che ne fosse fatto un esperimento nel porto di Barcellona; ma che l'imperatore invaso dalla sola ambizione di turbare la quiete sopra tutta

l' Europa, sprezzasse l' invenzione, e che perciò rimanesse senza frutto. Napoleone pure non volle por mente all'applicazione del vapore alla navigazione, come ideava Roberto Fulton, il quale ne fece perciò un dono agli Stati Uniti d' America.

In Italia Giovanni Branca, come altrove abbiamo avvertito, avendo il primo applicato in grande la potenza espansiva del vapore; Guido Torelli dopo il 1600 (come si ricava da una scrittura autentica delle esperienze fatte, esistente in Pesaro) faceva andare una barca senza remi e senza vele, e sembra per una forza simile a quella del vapore. Nel 1695 apparisce che il Papin, celebre inglese, concepisse l' idea di applicare il vapore alla navigazione, e Gionata Hull nel 1736 pubblicò la descrizione di un battello a vapore. Il Perrier ne eseguì dipoi uno sulla Senna nel 1775. Ma il primo battello a vapore, realmente adoprato, fu costruito dal Fulton nel 1807 a Nuova York in America; era della forza di 18 cavalli, e che in 18 ore andava da Albany a Nuova York.

Attualmente l' architettura navale ha fatto tali e tanti progressi che si costruiscono navi a vapore di qualunque grandezza e per il commercio e per la guerra. In esse è accoppiata la bellezza della forma alla sicurezza e alla comodità; e giustamente si è detto dal Cantù essere queste « il trionfo della meccanica e della fisica, l' epilogo di tutte le cognizioni dell'uomo, dalle più materiali alle più astratte; veicolo, fortezza, campo di battaglia, magazzino, osservatorio; dove la fornace divampa accanto alla polvere fulminante; dove, se il vento tace, sottentra il vapore; dove sono riuniti i più industriosi congegni, le delicate superfluità de' gabinetti, e fin a cento cannoni. »

Il vento è il motore più impiegato nella navigazione, ed è stato ancora il solo per moltissimi secoli; nè prima del secolo attuale gli fu aggiunta l'azione del vapore. Questo non ha l'irregolarità del vento, il quale se tace, abbandona le navi nell'immobilità, e se spira con troppa violenza, le espone a grandi pericoli. Mentre per l'azione del vapore, ch'è affatto indipendente da quella dei venti, la nave si spinge rapidamente sulla superfice calma dei mari, come pure essa lotta e non si arresta in mezzo ai flutti agitati che le contendono il passo, seco portando un peso enorme fra uomini e mercanzie, se commerciale; ancora maggiore in uomini, in cannoni e in munizioni da guerra e da bocca, se sia nave da guerra. Negli antichissimi tempi la navigazione era assai più perigliosa che non è modernamente. Si navigava lungo le coste, nè spingevasi, come oggi, la prua in mezzo ai vasti oceani. Ai tempi d'Omero gli eroi facevano grandi preparativi e lunghe disamine prima di spingersi attraverso il mar Egeo, ora Arcipelago; e la spedizione degli Argonauti, cioè la navigazione per la Propontide (oggi Mar di Marmara) e per il Ponto Eusino (oggi Mar Nero) fu cantata dai poeti e dai popoli come un fatto maraviglioso. Eppure cos'erano quelle navigazioni in confronto alle moderne intorno al globo e sopra tutti gli oceani che circondano la terra? E quand'anche la navigazione non avesse arrecato altri vantaggi che quello massimo di aver facilitato la propagazione del Vangelo in seno ai popoli selvaggi di lontanissime terre, dovrebbesi ciononostante riguardare, come una delle più utili e più grandi invenzioni dell'ingegno dell'uomo.

TRATTENIMENTO XVIII.

CONTINUA DEL CALORICO

SOMMARIO

Distinzione delle sorgenti di calore. — Sorgenti meccaniche di calore. — Sfregamento. — Percussione. — Compressione. — Sorgenti fisiche di calore. — Irradiazione solare. — Calore terrestre. — Sorgenti chimiche di calore. — Combustione. — Fiamma. — Di alcuni fenomeni spettanti al fuoco e alla fiamma. — Diversi modi di riscaldamento. — Cammini e loro aspirazioni. — Stufe. — Riscaldamento per mezzo del vapore. — Riscaldamento per mezzo dell'aria calda.

Dopo tutto quello che vi ho detto, miei cari, intorno al calorico; poco più ci resta a conoscere di questo corpo imponderabile, sulla cui natura, fenomeni e proprietà tanti studii si sono fatti dai fisici, e in specie dal celebre Melloni, le cui maravigliose scoperte voi conoscerete quando studierete la Fisica in tutta l'estensione scientifica, alla quale l'hanno modernamente condotta i fisici di tutte le nazioni civilizzate, e sopra tutti l'illustre summentovato italiano in tutto ciò che spetta al calorico.

205. **Distinzione delle sorgenti di calore.** — I modi coi quali si ottiene il calore sono dai naturalisti chiamati *sorgenti di calore*; e le distinguono in tre classi: cioè sorgenti *meccaniche*, sorgenti *fisiche*, e sorgenti *chimiche.* Meccaniche sono lo sfregamento, la percussione, la compressione ec.; fisiche sono l'*irradiazione solare,* il *calore terrestre* ec.; chimiche finalmente sono le così dette *combinazioni chimiche* ed in specie *la combustione.*

206. **Sorgenti meccaniche di calore. Sfregamento.** — Che dallo strofinamento reciproco di due

corpi si sviluppi calore, è fenomeno conosciuto fino dalla più remota antichità e dai primi uomini, i quali strofinando insieme due rami secchi d'albero, ne ottenevano il fuoco, come l'ottengono pur ora gl'Indiani. Essi appuntano un pezzo di legno secco, e lo stropicciano rapidamente e a più riprese sopra un altro pezzo piano di legno duro, finchè la punta del primo non abbia aperto nel secondo una squarciatura; e allora succede che le particelle di legno che sono in quello squarcio, in poco tempo si accendono; e si accendono perchè la confricazione sviluppa il calorico latente del legno, ossia il calorico che si conserva nel legno senza manifestarsi.

Noi stessi in inverno ci stropicciamo le mani quando le sentiamo fredde, e poco dopo ne circola per le dita un calor naturale, mediante il quale possiamo scrivere e fare ogni altra cosa che non potremmo colle mani infreddolite. Per questa confricazione viene ad eccitarsi il calorico latente del nostro corpo, e ce lo rende sensibile; ed il sangue venendo a circolare più rapidamente, tramanda più calore che non faceva nella sua ordinaria circolazione.

Non rare volte è succeduto che per una troppo prolungata e rapida confricazione del mozzo delle ruote colla sala di ferro, le ruote delle carrozze da viaggio si sono talmente incalorite fino al punto di ardere. Il qual fenomeno ha suggerito ai vetturini la necessità di spargere acqua intorno al mozzo, sui raggi e sul cerchione di ferro che cinge le ruote delle carrozze nei lunghi viaggi, oltre a tenerle bene unte di sugna, la quale diminuisce assai la loro confricazione colla sala, e diminuisce perciò anco lo sviluppo del calorico latente. Giova poi l'acqua ad impedire gli effetti del ca-

lorico, perchè l'evaporazione che di essa succede nell'essere a contatto della ruota incalorita, assorbe da questa il calore e la raffresca.

Si è pure osservato che due pezzi di ghiaccio insieme stropicciati, si liquefanno, perchè la confricazione sviluppa in essi pure il calorico latente che ritengono, sebbene in piccolissima dose. Gli utensili adoprati al tornio per tornire oggetti di legno o di metallo, si scaldano fino a scottar le mani di chi li maneggia.

Talvolta è pure avvenuto che in vaste estensioni di antiche e folte boscaglie si è propagato l'incendio per la sola confricazione di alcuni alberi fra loro, violentemente agitati dal vento.

Si riscaldano pure il succhiello, la sega e la pialla tutte le volte che vengono adoprati dal falegname per lavorare il legno. Il trapano che rapidamente si muove sul ferro, sull'ottone, sul bronzo per traforarlo, si riscalda per modo da bruciare la mano a chi lo toccasse.

E finalmente, non v'è ormai chi ignori che una leggera confricazione dei così detti fiammiferi fosforici con un corpo solido basta per incalorire il fosforo che essi hanno in una loro estremità, al punto da ottenerne immediatamente la fiamma; perchè il fosforo è di tal natura che gli basta una piccolissima dose di calore per infiammarsi. Onde la necessità, miei cari, di custodirli con somma cautela acciò non s'infiammino; e non portarli per le tasche se non custoditi entro bussolotti o scatole di metallo, di legno o di cuoio; perchè il calore medesimo del nostro corpo e una leggera confricazione che possa avere la tasca per la quale fossero sparsi, può esser sufficiente per incendiarli, e recare gravissimi danni al nostro corpo.

207. **Percussione.** — La percussione, ossia l'azione colla quale un corpo picchia sopra un altro, è essa pure, come lo sfregamento, una sorgente meccanica di calore. Quando il fabbro batte col martello un pezzo di ferro sull' incudine, s' incalorisce il ferro, e si riscaldano pure il martello e l' incudine. Percuotete insieme per qualche tempo due pietre, e le sentirete incalorirsi. Percuotendo una certa pietra, detta *focaia*, con una verga di ferro o colla costola di un coltello, se ne vedono scaturire alcune scintille di fuoco. Questo fenomeno fu dall' ingegno dell' uomo applicato con utilità, disponendo cioè un pezzetto di una sostanza facilissima ad incendiarsi, detta *esca*, sulla pietra focaia e più presso al punto ove questa dev' esser percossa dalla verga di ferro. Talchè le scintille che derivano dalla percussione andando a posarsi sull' esca, questa s' incendia; e allora mettendole a contatto uno stelo di canapa con in cima dello zolfo, questo prende fuoco, il fuoco si appicca al così detto zolfanello, e ne deriva una fiamma. Con questa si accendevano i lumi ed il fuoco da tutti, prima che fossero inventati i fiammiferi. Dalla percussione del così detto *acciarino* sulla pietra focaia derivano le scintille, perchè la pietra viene a spiccare dalla superfice del ferro che batte immediatamente sopra lei, delle molecole di ferro, le quali incalorite, s'incendiano al contatto dell' ossigeno atmosferico.

Per questa ragione medesima avrete pure talvolta veduto scaturire scintille dagli zoccoli ferrati dei cavalli mentre correvano velocemente sulle lastre di pietra.

208. **Compressione.** — La compressione abbiamo detto essere la terza sorgente meccanica di calore. Per compressione s' intende la riduzione di un corpo da un

volume più grande ad uno più piccolo con mezzi meccanici, ossia per mezzo di una forza esterna.

Nelle lezioni di Fisica sperimentale i professori dimostrano il grande svolgimento di calore che si produce nei corpi per la pressione, comprimendo dell' aria dentro un tubo ch' è chiamato *schizzetto pneumatico*, ed anco *acciarino pneumatico*.

Questo apparato è composto di un tubo di vetro A A (fig. 81) a grosse pareti, nel quale si fa scorrere uno stantuffo di cuoio alla cui estremità B si adatta un pezzettino d' esca. Tenendo con una mano il tubo, si spinge coll' altra rapidamente lo stantuffo verso il fondo del tubo ch' è pieno d' aria. A questa compressione l' aria si riscalda a segno da infiammare l' esca, che si vede ardere ritirando rapidamente indietro lo stantuffo. Dall' accensione dell' esca hanno i fisici calcolato che l' aria svolga una temperatura corrispondente almeno a trecento gradi. In questo esperimento vedesi ancora una viva luce che non è prodotta dall' esca, ma dalla combustione dell' olio di cui è spalmata la superfice dello stantuffo.

Fig. 81.

Questo in quanto alle sorgenti meccaniche; passeremo ora a vedere come si sviluppi calore dalle sorgenti fisiche.

209. Sorgenti fisiche di calore. Irradiazione solare. — Non vi è uomo che non abbia appreso dall'esperienza essere il sole la sorgente più intensa di calore. Difatti a misura che il grand'astro si alza sull'orizzonte, il calore aumenta; e di mano in mano che egli volge a ponente, il calore diminuisce. Come pure la differenza fra l'estate e l'inverno dipende dal tempo che il sole rimane al di sopra dell'orizzonte, e dalla sua distanza dallo zenit (1) dell'osservatore. Tanta è la virtù vivificante di quest'astro che rarefà l'aria, eleva i vapori, e concorre alla formazione delle meteore. È per la sua azione che ascende il succo nelle piante, che gli alberi si adornano di foglie, che sbocciano i fiori, che si maturano i frutti, che la terra prodiga all'uomo i suoi inesauribili tesori, che si anima e si allegra tutta la natura.

210. Calore terrestre. — Nè la sola radiazione solare è una sorgente fisica di calore, ma lo è pure la terra, perchè difatto ella possiede un calore proprio che si distingue col nome di *calore terrestre.* Ad una certa profondità, che non è grande, ma che varia coi paesi, trovasi uno strato la cui temperatura si rimane costante in tutte le stagioni. Dal che si conclude che il calore solare penetra soltanto ad una determinata profondità al di sotto della superfice terrestre. Nelle miniere e nei pozzi artesiani è stato pure verificato che la temperatura del suolo aumenta fino alle più

(1) Così chiamato il punto del cielo che sta perpendicolarmente sulla testa di un uomo in qualunque punto si trovi della superfice terrestre. Il punto opposto allo zenit, e che rimane per conseguenza sotto i di lui piedi, è dai geografi chiamato *nadir.* Questi due punti, diametralmente opposti fra loro, formano i poli dell'orizzonte.

grandi profondità, alle quali gli uomini hanno potuto discendere, e l'aumento che vi hanno ravvisato è di un grado per ogni 30 o 40 metri; onde estendendo l'aumento di temperatura fino ad una profondità di 3500 metri, quivi dovrebbe esservi un calore di 100 gradi. Ed una conferma di questo calore centrale la traggono i naturalisti dalle acque termali, delle quali, come altrove dicemmo, esistono sorgenti molte e di varia temperatura che si estende fino all'ebollizione.

Molti dotti, com'è facile immaginare, meditarono sopra questo fenomeno, e diverse ipotesi si fecero a sostenere per dare una spiegazione del calore centrale della terra. Ma la più generalmente adottata dai naturalisti è che la terra fosse primitivamente allo stato liquido per cagione di un'alta temperatura che in sè avesse, e che per effetto d'irradiazione la sua superficie siasi raffreddata a poco a poco in modo da formare una corteccia solida fino alla profondità di circa 40 o 50 miglia, conservandosi tuttavia allo stato liquido la massa centrale.

211. **Sorgenti chimiche di calore. Combustione.** — Abbiamo già detto che oltre ad esservi sorgenti di calore meccaniche e fisiche, ve ne ha pure delle chimiche. Queste sono le così dette *combinazioni chimiche*, ossia l'unione di due o più sostanze diverse in una sola. È stato osservato che se queste combinazioni si compiono lentamente, piccola è la dose di calore che se ne sviluppa; ma quando si compiono rapidamente, allora lo sviluppo di calore è assai intenso, ed in tal caso succede una combustione.

Chiamasi *combustione* qualunque combinazione chimica che avvenga con svolgimento di calore e di luce; e perciò sono detti *combustibili* tutti quei corpi, nei

quali avviene il fenomeno della combustione. Quando ardono, per es., legna, olio, cera, sego ec., avvengono tante combinazioni dell'idrogeno e del carbonio contenuti da queste sostanze coll'ossigeno dell'aria; ed è appunto per questo che le legna, l'olio, la cera ed il sego, ardendo, sviluppano calore e luce.

212. **Fiamma.** — Dovete sapere, miei cari, che quasi tutti i combustibili abbruciano con fiamma. Cosa è dunque la *fiamma?* — La fiamma è un gas od un vapore elevato ad un'alta temperatura per effetto della combustione; e quanto più carbonio contengono le sostanze che si fanno ardere, tanto più rischiarante è la fiamma che ne deriva; in fatti il gas che illumina le botteghe e le strade manda una fiamma assai più rischiarante che non è quella dell'olio d'oliva, del sego e della cera.

Dunque ogni corpo gasoso, o tale che possa divenirlo in tutto o in parte per l'azione del fuoco, brucia sempre producendo una fiamma. Di qui la ragione per cui un lume qualunque o una candela accesa ardono ed illuminano; ed ardono perchè il calore del lucignolo acceso decompone il grasso dell'olio, della cera o del sego, e lo trasforma in gas combustibili che si combinano coll'ossigeno dell'aria. Infatti quando il lucignolo di un lume è presso a mancare delle sostanze grasse che lo hanno fin allora alimentato, la fiamma diminuisce, impallidisce e finalmente si estingue. La fiamma più intensa è quasi bianca, perchè il carbonio è in uno stato di perfetta incandescenza, così detto lo stato bianco in che sia un corpo per effetto del gran calore che lo investe.

A proposito della fiamma, voi avrete veduto che la fiaccola di un lume ed una fiamma qualunque si dirige

sempre in su, o più propriamente, è sempre ascendente. Ciò succede dal riscaldarsi che fa l'aria all'intorno per effetto della fiaccola, e l'aria, così riscaldata, elevandosi rapidamente, attira seco la fiamma. Difatto tenendo una mano sopra la fiaccola di un lume, anco a qualche distanza dal punto ov'essa termina, si sente assai più calore che tenendola ai lati. Il che non sarebbe se l'aria riscaldata dalla fiaccola non si elevasse, ma si spandesse egualmente in tutti i sensi. Oltre a questo la fiaccola termina sempre a punta, perchè i vapori di mano in mano sempre più si consumano, ed in conseguenza anco l'estensione della fiamma proporzionalmente diminuisce. Un semplice soffio basta poi per estinguerla, ovvero per separarla dal lucignolo, divisa dal quale tosto si spenge perchè non ha dove apprendersi. L'opposto succede del fuoco, il quale anzi si ravviva appena che gli venga sopra dell'aria vibrata con forza e con violenza. Però al lucignolo spento d'allora si appicca subito la fiamma, perchè essendo ancora caldo, basta una piccola dose di calorico per suscitarvi la fiamma; il che non succede se è raffreddato, che allora anzi vi è bisogno di maggior tempo, ossia di quello necessario a far vaporizzare le sostanze grasse, di che è intriso il lucignolo medesimo.

Abbiamo detto che il calore deriva non dalla fiamma e dal fuoco soltanto, ma ancora dalla mescolanza di certe sostanze, che vengono dette combinazioni chimiche. Tale sarebbe quella dell'acqua colla calce o calcina viva; e quando i manovali gettano l'acqua in una massa di calcina viva, si alzano tosto dei vapori, si ode un crepitio, i pezzi di calcina si spaccano, si sminuzzano, succede un'ebollizione; e guai a chi vi mettesse allora le mani, le ritrarrebbe spellate e im-

piagate. Questa operazione la chiamano i muratori *spenger la calcina*.

Un' altra combinazione chimica, dalla quale si sviluppa immediatamente un gran calore, è quella dell' acqua con un acido, detto solforico, o comunemente *olio di vetriolo*, ch'è impiegato in molte arti e mestieri, ma che vuol essere custodito con molta cautela, perchè distrugge tutto ciò che tocca, tranne il vetro e il cristallo; e perciò si conserva entro vasi di questa sostanza.

213. **Di alcuni fenomeni spettanti al fuoco e alla fiamma.** — Il fuoco, questo composto imponderabile di luce e di calore, prodotto dalla combustione di sostanze infiammabili, essendo universalmente e giornalmente adoperato per tanti bisogni della vita e per l'esercizio di tanti mestieri, dà origine a molti fenomeni. Voglio che ora c'intratteniamo, miei cari, intorno all' esame e alla spiegazione dei più ordinari, e di quelli che tuttodì avvengono sotto i nostri propri occhi; onde meglio corrispondere allo scopo, cui sono principalmente dirette le nostre lezioni.

Voi avrete osservato che quando il carbone o le legna cominciano ad accendersi, si alza del fumo assai più che quando sono ridotte allo stato di fuoco. Il fenomeno succede perchè dal carbone e dalle legna si svolge una tal quantità di carbonio e di materie volatili, che la combustione non può consumare, come ha tempo di consumarle quando il carbone e le legna sono in gran parte cangiate in fuoco. Allora anche il fumo è in piccolissima dose, e quasi invisibile.

Non tutte le sostanze combustibili bruciano colla medesima rapidità. La carta, per es., brucia più presto del legno, perchè è meno compatta, e le sue parti si

riscaldano più presto. Come pure il legno brucia più presto del carbon fossile, perchè quello è meno compatto di questo, e in conseguenza le sue parti si separano e si riscaldano assai più presto che non fa il carbon fossile. Ed ecco perchè l'esperienza ha insegnato di mettere della carta sotto ai fascinotti, e sopra questi, i pezzi di legna più grosse, onde accendere più prontamente il fuoco nelle stufe e nei camminetti, allorchè vogliamo riscaldare l'ambiente delle nostre stanze.

L'esperienza ha pure insegnato alle persone di servizio di adoperare talvolta la brace per accendere il carbone nei fornelli di cucina; e ne ottengono esse l'intento, perchè la brace, essendo meno compatta e più porosa, il calore del fuoco, la fiamma stessa di un pezzo di carta, la mette in combustione, e questa presto si comunica alla superfice del carbone.

Talvolta avviene che dando fuoco a un fastello di legna umide, queste tramandano molto fumo e non s'incendiano. La cosa succede per due ragioni; 1° perchè l'umidità contenuta nelle legna impedisce all'ossigeno dell'aria di penetrare nella sostanza delle legna; 2° perchè il calore del fuoco si esaurisce tutto nel convertire l'acqna in vapore, e non può appigliarsi alle legna. Al contrario le legna secche bruciano assai più facilmente e levano fiamma, perchè nessuna parte del calore si esaurisce per convertire l'acqua in vapore; e perchè i pori del legno secco, essendo ripieni d'aria forniscono dell'ossigeno al fuoco.

Voi avrete talvolta veduto una fiammella turchiniccia muoversi da un punto all'altro sulla superfice dei carboni accesi finchè non siasi dileguata. Questo curioso fenomeno si suole spiegare così: che il gas dei carboni più bassi e che restano sotto di altri, si com-

bina al carbonio di quelli più alti e che loro sovrastano; e che in questa combinazione si produce un altro gas infiammabile la cui fiamma è turchina.

Vi sarà parimente occorso di osservare che la luce di un fuoco o di una fiaccola in certi momenti è più intensa o più viva che in certi altri. Ciò dipende dalla bianchezza maggiore o minore del carbonio nella combustione; imperocchè se egli è ridotto ad un bianco perfetto, la combustione è completa, e la luce è intensa; se al contrario non è ridotto a perfetta bianchezza, la combustione si opera per metà, e la luce è offuscata dal fumo.

V'è un dettato volgare che dice: *il freddo mangia il fuoco.* Questo è nato dall'osservare che nelle giornate freddissime d'inverno il carbone e le legna ardono di fatto e si consumano assai più presto che non fanno quando è meno freddo. Ciò succede perchè quando l'aria è fredda, pesa specificamente più di quando è rarefatta dal calorico, e allora l'attrazione verso il fuoco è molto più forte, perchè l'aria riscaldata viene più celermente sollevata e spinta fuori con rapidità da quella che entra per l'apertura del cammino o della stufa o del fornello. Al contrario in estate essendo l'aria rarefatta dal calore, e pesando meno di un'egual colonna d'aria fredda, la quantità che ne arriva sul fornello in un tempo determinato è assai minore; onde l'attratrazione essendo perciò meno forte, la combustione si opera più lentamente e il carbone e le legna s'inceneriscono più tardi. Di qui pure la ragione che il fuoco brucia meglio all'aria aperta che in una stanza chiusa; cioè perchè d'ordinario l'aria esterna è meno rarefatta di quella di una stanza, e perchè quivi più lentamente arrivano nuovi strati d'aria sul fuoco. Rinnuovamento

d'aria che si fa pure nell'interno delle case, aprendo finestre e porte, e spingendo con violenza dell'aria sul fuoco per mezzo di un soffietto, o chiudendo lo sportello della stufa, nel cui centro abbia un'apertura; per la quale precipitandosi una colonna d'aria sulle legna semispente, vi ravviva in pochi momenti la fiamma.

Vi sarà occorso più volte di gettare sui carboni non ardentissimi della carta, e di vederla annerirsi e carbonizzarsi, senza levare la fiamma. Perchè succede questo? — Perchè il carbonio che si sviluppa da quel fuoco, combinandosi con l'ossigeno dell'atmosfera, si cangia in acido carbonico. Ora quest'acido avviluppa subito la carta e le impedisce d'infiammarsi; il quale ostacolo vien subito rimosso o soffiando nel fuoco, o gettandovi un fiammifero, le quali due cose dissipando l'acido carbonico e suscitando la fiamma, incendiano la carta, la quale essendo già incalorita, arde repentinamente e s'incenerisce.

A proposito di cenere; voi avrete talvolta veduto miei cari che le donne di cucina sogliono coprire colla cenere i carboni ardenti, se hanno bisogno di conservare il fuoco e d'impedire che celermente si consumi. Ora di quello che esse fanno per esperienza, voi potete spiegare gli effetti colla scenza, e dire che il fuoco si conserva più a lungo coprendolo colla cenere, perchè questa impedisce all'ossigeno dell'aria di arrivare liberamente al fuoco, ma però non lo trattiene affatto; ed in conseguenza il carbone brucia lentamente per alcune ore senza consumarsi.

Essendo a tutti noto che l'acqua, gettata sul fuoco, lo spenge, non sarà inutile che ne conosciate la causa. Ed è che l'acqua al contatto del fuoco convertendosi in vapore, assorbe il calore del fuoco e lo

spenge. Ma lo spenge se in proporzione del fuoco sia in gran quantità; perchè in piccola dose, si converte facilmente in vapore, e allora i gas che se ne svolgono, aumentano, anzichè estinguere la fiamma. Di qui il dettato; che la poc'acqua aumenta l'incendio; perchè di fatto se l'acqua non è in quantità sufficente da estinguer le fiamme, meglio è non gettarvela, perchè il vapore di quella poca aumenterà l'intensità del fuoco.

Diremo ora qualche cosa dei diversi modi di riscaldamento, poi delle sorgenti di freddo, e con questo termineremo di parlare del calorico.

214. **Diversi modi di riscaldamento.** — Iddio ha provveduto la terra, miei cari giovanetti, di varie sorgenti di calore. Ora il modo di approfittare di queste sorgenti e nei bisogni domestici e giornalieri della nostra vita, e nei bisogni dell'industria, forma un'arte detta, del *riscaldamento;* lo studio e la cognizione della quale apportano grandi utilità a coloro che sanno meglio applicarla al bisogno.

Il calore comunemente si ottiene dalla combustione delle legna, del carbone che si ottiene da queste, dal carbone che si scava nelle viscere della terra, ch'è il carbon fossile, da questo medesimo carbone che vien chiamato *coke* dopo di averne estratto il gas per l'illuminazione, il catrame ec., e da altre sostanze che si trovano esse pure nella terra e che hanno la proprietà di ardere e di emettere molto calore incendiandosi.

Gli apparati che servono comunemente alla combustione essendo differenti fra loro, si possono distinguere perciò quattro maniere di riscaldamento; la prima è coi cammini e colle stufe, nei quali il riscaldamento è per irradiazione del calorico; la seconda è per

mezzo dell' aria calda; la terza per mezzo del vapore, e la quarta è per circolazione dell' acqua calda.

215. **Cammini e loro aspirazione.** — I cammini sono focolari aperti, applicati ad un muro e sormontati da un' apertura detta *gola*, per la quale si dileguano i gas e le sostanze aeriformi che si svolgono dalla combustione delle legna, del carbone ec. Vuolsi che nei tempi antichi e prima dell' era cristiana non si conoscesse l' arte di costruirli, che il focolare stesse collocato nel mezzo delle stanze, e che il fumo si dileguasse per una buca praticata nel tetto. Nel primo secolo dell'era cristiana pare che si cominciasse a costruirli; e quantunque il calore del combustibile vi si disperda in gran parte per la gola; e che molto maggiore sia il consumo del combustibile in proporzione al calorico che per essi si spande nelle stanze, tuttavia debbonsi risguardare come il mezzo di riscaldamento più salubre, perchè mediante la gola che sta in comunicazione coll' aria esterna, si produce un continuo rinnovamento d'aria nelle stanze, e ne tien lontano il pericolo dell' asfissia per mancanza d' aria respirabile. Questa ragione appunto che fa essere i cammini così salubri, deriva da ciò che chiamasi *aspirazione dei cammini;* la quale altro non è che una corrente dal basso all' alto che si forma nella loro gola a motivo dei gas che vi ascendono. E quanto più rapida e continua vi succede quest' ascensione, e tanto migliore si dice esservi l' aspirazione; la quale deriva dalla differenza tra il peso della colonna d' aria calda che ascende, e il peso della colonna d' aria fredda che spinge all'apertura del cammino. L' appresso figura 82 offre l' immagine di un cammino nel quale si vede la gola che sormonta il piano sul quale arde il combustibile.

Il fumo e le altre sostanze gasose che si svolgono dal combustibile, formano nella gola la colonna gasosa C, D; questa essendo per natura sua più leggera dell' aria della stanza, indicata dalla linea punteggiata A, B penetra nella gola dall' apertura del cammino e spinge in alto i prodotti della combustione tanto più rapidamente quanto è maggiore la differenza di peso fra le due colonne d'aria A, B e dei gas C, D.

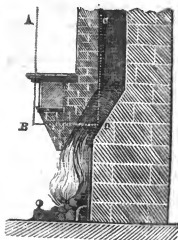



Fig. 82.

Potete voi stessi, se volete, verificare l' esistenza delle correnti prodotte nei gas dalle differenze di temperatura, per mezzo di un curioso esperimento. Aprite una porta che stia fra due stanze, delle quali una sola sia riscaldata, e l' aria vi sia per conseguenza rarefatta e più leggera. Tenete verso la parte superiore della porta una candela accesa, e ponetene un' altra in terra. Voi vedrete che la fiamma delle due candele avrà una direzione opposta; cioè quella della candela tenuta in alto si dirigerà dalla stanza calda verso la stanza fredda, e la fiamma dell' altra candela posta nella parte inferiore della porta, si dirigerà dalla stanza fredda verso la calda. Questi due effetti opposti fra loro sono prodotti da una corrente d' aria calda che, come più leggera, sfugge dalla parte superiore della porta, e da una corrente d' aria fredda che subentra alla prima, entrando, come più pesante, per la parte inferiore della porta.

Abbiamo detto che quanto più rapida e continua succede nella gola dei cammini l'ascensione del fumo e degli altri prodotti della combustione, e tanto migliore vi è l'aspirazione. Ora dunque perchè questa sia tale, la gola dev'essere larga e lunga tanto, da offrire un conveniente spazio al passaggio del fumo e degli altri gas; e non far comunicare fra loro due gole di cammino, perchè se l'aspirazione di uno di essi è maggiore di quella dell'altro, si produce in quest'ultimo una corrente d'aria discendente che respinge il fumo nella stanza. L'esperienza ha fatto conoscere esser necessario che la gola del cammino sia lunga, perchè la forza di attrazione vi aumenta sempre in ragione diretta alla lunghezza della gola; come al contrario in un cammino di gola bassa il fumo è respinto in dietro, perchè l'attrazione è cosi debole e lenta, che non potendo tirar su il fumo, questo torna in dietro e si spande per la stanza. Le gole dei cammini degli ultimi piani, essendo per se stesse corte, perchè prossime al tetto, vengono allungate per mezzo delle così dette cappe di cammino che vediamo sorgere sopra i tetti di tutte le case.

Succede talvolta che nella gola di un camminetto, quantunque ella sia nelle proporzioni dovute, il fumo è respinto, se l'apertura del camminetto è troppo larga e troppo alta. La cagione allora si trova in questo; che per la soverchia apertura si precipita una gran quantità d'aria senza passare dal fuoco, e allora confondendosi essa colla colonna d'aria calda, che si eleva dal fuoco, la raffredda, raffreddandosi non può elevarsi fino all'apertura superiore della gola, e il fumo torna in dietro. Onde rilevasi che le proporzioni

debbono essere non tanto nella gola, ma ancora nell'apertura del camminetto.

Per allontanare la molestia che dà il fumo nelle stanze, è altresì necessario che la gola non sia ingombrata dalla fuliggine, e che non vi sieno crepacci e fori pei quali possa penetrare l'aria esterna; perchè la fuliggine reca ingombro al libero passaggio del fumo, i crepacci danno adito all'aria esterna, e questa raffreddando la colonna d'aria calda ascendente, la respinge in dietro. La fuliggine è formata da piccolissime particelle di carbone non ben consumato, che trasportate dalla corrente d'aria calda, s'innalzano e restano attaccate alla gola del cammino, e la fanno essere più stretta. Ed ecco la ragione per cui noi sentiamo gridare per le strade in inverno certi savoiardi, chiamati *spazzacammini*, i quali destramente si arrampicano su per le gole dei cammini, le spazzano, e le nettano dalla fuliggine; la quale non rare volte s'incendia e dà fuoco al cammino.

216. **Stufe.** — Le stufe pure, come i camminetti, sono apparecchi coi quali si ottiene il riscaldamento delle stanze; ma differiscono dai camminetti in questo, che il loro focolare, anzichè essere internato nel muro, è isolato in modo che il calorico viene irradiato in tutte le direzioni, il che non si ottiene coi camminetti. In esse l'apertura, per la quale entra l'aria necessaria alla combustione, è alla parte inferiore, ed i prodotti gasosi sfuggono dalla parte superiore per mezzo di tubi di lamiera di ferro, che li portano fuori della casa. E siccome questi prodotti escono dalla stufa molto raffreddati, così veniamo ad utilizzare quasi tutto il calore sviluppato. Ma se questo modo di riscaldamento è il più economico, è però meno salubre, perchè

produce o una scarsissima ventilazione, o non ne produce punta se vi si fa arrivare l'aria dall'esterno, come si pratica nelle stufe svedesi. Colle stufe di ferro, o di altro metallo annerito, il riscaldamento è più rapido, ma di assai minor durata; mentre con quelle di terra si ha un riscaldamento più lento ma più durevole e più gradito, perchè quelle di ferro hanno pure l'inconveniente di spandere un odore disaggradevole e nocivo.

217. **Riscaldamento per mezzo del vapore.** — L'ingegno dell'uomo veduto che i vapori hanno la proprietà di restituire, condensandosi, il calorico latente che ritengono, trovò il modo d'impiegarli per riscaldare l'acqua dei bagni, l'aria dei laboratorii, dei pubblici edifizi ec., facendolo circolare entro tubi collocati nei luoghi che si vogliono riscaldare. Succede che il vapore passando dalla caldaia in questi tubi, quivi si condensa, e cede loro tutto il suo calorico latente, il quale liberamente si trasmette o all'aria delle stanze, o al liquido nel quale sono immersi.

218. **Riscaldamento per mezzo dell'aria calda.** — Il riscaldamento delle stanze per mezzo dell'aria calda consiste nello scaldar l'aria alla parte bassa della casa, e nel mandare quest'aria riscaldata nelle stanze dei piani superiori per mezzo di condotti collocati nei muri. Sono essi chiamati *caloriferi*, molto più economici dei cammini, ma siccome non producono nelle stanze un rinnovamento d'aria abbastanza rapido, così sono ritenuti essi pure come meno salubri dei cammini.

Ecco come sta disposto l'apparato.

Un fornello F (fig. 83), che sta collocato nella cantina, contiene un certo numero di tubi ricurvi, eguali al tubo A, B, e tutti posti l'uno accanto al-

l'altro. Per l'apertura A penetra l'aria esterna nel tubo, quivi essendo riscaldata dalla fiamma P, circola nell'interno di tutti i tubi, e addivenendo più leggera, si eleva entro questi nella direzione di B, e poi entra nello spazio M (che figura una stanza), per l'apertura superiore B che chiamasi *bocca di calore.*

Nei piani della casa ogni stanza ha una o più di queste bocche di calore, vicino al pavimento, perchè l'aria calda, come sapete, tende sempre ad elevarsi.

Vi è poi nell'apparecchio il condotto O; e questo è una specie di gola da cammino, attraverso la quale sfuggono i prodotti della combustione che si formano nel fornello.

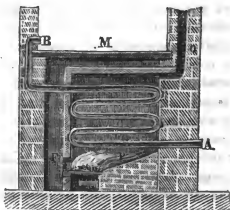



Fig. 83.

Tali, miei cari, i modi più comuni di riscaldamento. Qui terminano i nostri trattenimenti sul calorico; e passiamo a parlare della luce.

TRATTENIMENTO XIX.

DELLA LUCE

SOMMARIO

Luce e sua natura. — Sorgenti di luce. — Corpi luminosi, diafani, traslucidi, opachi. — Raggi e fasci luminosi. Propagazione della luce. — Ombra, penombra, riflesso. Immagini prodotte da piccole aperture. — Velocità e intensità della luce. — Riflessione della luce. — Specchi e formazione delle immagini negli specchi piani. — Specchi sferici, concavi e convessi. — Applicazione degli specchi.

Arduo e sublime è lo studio dei fenomeni della luce, e per intenderli bene bisogna esser forniti di certe cognizioni di geometria, che forse mancano a voi miei cari giovanetti; oltre ad uno sviluppo d' intelligenza che la vostra età non consente ancora. Quindi è che di questo corpo, imponderabile come il calorico, noi anderemo esaminando i soli fenomeni più semplici; e ancora di questi non diremo sempre le cause tutte che li producono. Come ancora degli apparati e strumenti, mediante i quali si mette in azione la luce, non spiegheremo sempre tutte le ragioni scientifiche che sono di guida alla loro costruzione, e che adducono gli effetti, dai quali siamo noi stessi maravigliati.

219. **Luce e sua natura.** — La *luce* è un corpo imponderabile che produce in noi il fenomeno della visione; ch'è quanto dire, noi vediamo gli oggetti per l'azione che ella esercita sopra i nostri occhi. La parte della fisica che ci fa conoscere le proprietà della luce si chiama *ottica*.

Per renderci ragione dei suoi fenomeni e per intendere la sua origine, si sono formate due ipotesi, come pel calorico; cioè l'ipotesi dell'*emissione*, e l'ipotesi delle *ondulazioni*. In quella dell'emissione si ammette che i corpi luminosi mandino in tutte le direzioni sotto forma di molecole sottilissime, una sostanza imponderabile, che si propaga in linea retta con una velocità che il nostro pensiero può appena concepire. Queste tenuissime molecole penetrano nell'interno dell'occhio, e vi determinano la sensazione che costituisce appunto la visione.

Nell'ipotesi delle ondulazioni si ammette che le molecole dei corpi luminosi sieno eccitate, animate da un movimento rapidissimo, il qual movimento, si comunica ad un fluido sottilissimo, elastico e sparso in tutto l'universo. A questo fluido dassi il nome di *etere*; o si suppone che in qualunque punto egli venga scosso e eccitato dalle molecole dei corpi luminosi, quello scuotimento si propaghi rapidissimamente in tutte le direzioni, in tutti i sensi sotto forma di onde sferiche luminose, nello stesso modo che il suono si propaga, come dicemmo, nell'aria per mezzo delle onde sonore. Il rapido movimento onde sono animate le molecole dei corpi luminosi, e che si comunica all'etere, è dai fisici chiamato *movimento vibratorio*, del quale volendo avere, miei buoni giovanetti, una chiara idea, non dovete che ridurvi alla memoria quello che noi dicemmo rispetto alle vibrazioni che succedono in una corda, scuotendola per uno de'suoi capi. Cosa ne succede? Ne succede che il movimento si propaga serpeggiando fino all'altro capo e nel senso della lunghezza della corda medesima.

Di queste due teorie la più generalmente seguita

è quella delle ondulazioni; perchè i fisici con questa, meglio che con quella dell'emissione, spiegano i tanti fenomeni di questo corpo maraviglioso, nel quale noi dobbiamo ravvisare uno dei più grandi benefizi della natura, non solo perchè serve ad illuminare e render visibili tutti gli oggetti materiali; ma ancora per l'influenza benefica e necessaria che esercita sopra l'uomo, sopra gli animali, sopra le piante e sopra tutto il creato.

220. **Sorgenti di luce.** — Le sorgenti di luce sono diverse; cioè il sole, le stelle, il calorico, le combinazioni chimiche, la fosforescenza, l'elettricità ed i fenomeni meteorici.

L'origine della luce emessa dal sole e dalle stelle non è conosciuta; e si ammette soltanto che la sostanza infiammata, di cui sembra cinto il sole, sia gasosa. Ma, ripeto, è un'ipotesi, e le cognizioni umane intorno alla natura intima degli astri sono assai limitate, e sembra che Dio non ci abbia consentito l'averle, per meglio confondere il nostro orgoglio e la nostra incapacità a ravvisare la sua onnipotenza in quei portenti della creazione.

Riguardo alla luce sviluppata dal calorico, il fisico Pouilet verificò che i corpi cominciano a diventar luminosi nell'oscurità, riscaldati che sieno a 500 e a 600 gradi; e che la loro luce è tanto più viva, quanto più ancora vengono incaloriti.

Un'altra sorgente di luce abbiamo detto essere molte combinazioni chimiche; perchè difatto esse danno origine ad uno svolgimento di luce per il gran calorico che da esse naturalmente si sviluppa. Tale è la causa delle luci artificiali che vengono impiegate per l'illuminazione; perchè la fiamma, come già abbiamo veduto, non è altro che sostanza gasosa scaldata al

punto di diventar luminosa. E siccome i corpi divengono luminosi ad una elevatà temperatura, così incliniamo naturalmente a credere che il calorico in tal caso si trasformi in luce; e che luce e calorico debbano esser riferiti ad una sola e identica causa. Tanto più che i raggi luminosi sono quasi sempre accompagnati da raggi calorifici; ch'è quanto dire luce e calorico sono quasi sempre uniti insieme.

Dico quasi sempre, perchè vi sono delle sostanze luminose nell'oscurità, ma che non svolgono calorico, o seppure ne svolgono, egli è in così tenuissima dose che non è dal termometro indicata. I corpi che splendono in tal guisa nell'oscurità, si chiamano *fosforescenti*, perchè questa proprietà si osserva principalmente nel fosforo. Ed ecco un'altra sorgente di luce; la quale è pure intensa in parecchi insetti, e specialmente nel così detto *folgore* o *porta lanterna*, e nel *lampiro*, comunemente *lucciola*; nei quali sembra che lo splendore della luce vari a seconda della loro volontà. In molte regioni, e principalmente nelle tropicali, il mare vi è spesso volte coperto di una luce fosforescente e viva. Esaminate le cause di questo fenomeno, fu veduto derivare da un'infinita quantità di picciolissimi animaletti chiamati *zoofiti* che stanno nell'acqua. E la materia che essi spandono è così luminosa e sottile, che mettendone anche due soli in un fiasco pieno d'acqua, essa viene immediatamente luminosa in tutta la sua massa.

È pure da sapersi che certe sostanze diventano luminose sotto l'influenza della luce solare. Così il diamante ed altri minerali, dopo essere stati esposti per un certo tempo ai raggi solari, portati nell'oscurità appariscono luminosi. Come pure vi sono alcune pietre ed alcuni marmi che appena incaloriti mandano luce

nell'oscurità, come il diamante. Mandano luce fosforica anco i pesci marci, proveniente dalla putrefazione di certe sostanze che contengono; il legno imputridito ec.

Delle altre sorgenti di luce, cioè l'elettricità ed i fenomeni meteorici, parleremo a suo luogo.

221. **Corpi luminosi, diafani, traslucidi, opachi.** — I corpi si distinguono rispetto alla luce in quattro categorie diverse, cioè in *luminosi*, in *diafani*, in *traslucidi* o *pellucidi* e in *opachi*. *Luminosi* diconsi quelli che emettono luce, come sarebbe il sole; *diafani* o *trasparenti* quelli che lasciano passare facilmente la luce, e attraverso dei quali si distinguono gli oggetti; tali sono l'acqua, l'aria, i gas, il vetro liscio. *Traslucidi* o *pellucidi* sono quelli attraverso i quali si scorge la luce, ma non si può riconoscere la forma degli oggetti. Di questa categoria sono il vetro smerigliato, detto comunemente *spulito*, e la carta unta d'olio. Finalmente si chiamano corpi *opachi* quelli che non si lasciano punto attraversare dalla luce, come sono i metalli, il legno ec. Però si ritiene non esservi corpi perfettamente opachi; perchè tutti sono più o meno traslucidi, ridotti che sieno in foglie abbastanza sottili.

222. **Raggi e fasci luminosi. Propagazione della luce.** — I fisici chiamano *raggio luminoso* la linea che segue la luce propagandosi; e *fascio luminoso* un complesso di raggi vegnenti da una sola sorgente.

I fasci luminosi distinguonsi in *paralleli*, *divergenti* e *convergenti*. Si chiamano *paralleli* quando sono composti di raggi paralleli; *divergenti* quando i raggi si allontanano gli uni dagli altri; e *convergenti* quando concorrono verso un medesimo punto. Ogni corpo luminoso manda da tutti i suoi punti ed in tutte le direzioni dei raggi rettilinei divergenti perchè percorrono

una linea retta, e fra loro divergono quanto più si scostano dalla loro sorgente.

La luce si propaga nell'aria, nell'acqua, nel vetro, nel cristallo ec. Ora dunque volendo i fisici esprimere con una sola parola lo spazio pieno o vuoto nel quale la luce si propaghi in linea retta, adottarono la parola *mezzo;* e quindi chiamarono *mezzo omogeneo* quello che ha in tutte le sue parti la medesima composizione chimica e la medesima densità. Le esperienze hanno dimostrato che in qualunque mezzo omogeneo la luce si propaga in linea retta; infatti se vi porrete ad osservare il polviscolo che nuota nell'aria, rischiarato da un raggio che penetri in una stanza oscura da un pertugio delle imposte che chiudono le finestre, voi vedrete che la luce si propaga in linea retta. Come pure voi ravviserete la stessa verità, se fra i vostri occhi ed un oggetto che sia illuminato, vi si frapponga un corpo opaco e precisamente sulla linea retta che potreste condurre fra quell'oggetto ed il vostro occhio; l'oggetto non lo vedete più.

Al contrario i raggi di luce non percorrono una linea retta, come vedremo, se dopo di essersi propagati in un mezzo omogeneo, per es. l'aria, vanno a propagarsi in un altro, come sarebbe l'acqua, che non ha la medesima densità, nè la medesima composizione chimica.

223. **Ombra, penombra, riflesso.** — Se poniamo davanti alla fiaccola di una candela una palla, un libro, una mano, un corpo qualunque, l'immagine o della palla o del libro o della mano va a disegnarsi, o, come dicono i fisici, a *proiettarsi* sul muro.

Che cosa è dunque l'*ombra* di un corpo? Altro non è che la parte dello spazio, ove esso impedisce

alla luce di penetrare; e in tal caso noi vediamo propagarsi sul muro la luce tutta all'intorno dell'ombra che vien proiettata dal corpo opaco. Questa è l'ombra.

La *penombra* poi è quella striscia oscura ma meno intensa, un poco rischiarata e sempre più sfumata che sta intorno all'ombra propriamente detta. Dicesi penombra perchè non è una vera ombra, ma una quasi ombra, perchè alquanto rischiarata dalla luce che le sta presso e all'intorno. Ella resta dunque nel mezzo tra l'ombra e la luce.

Diverso dall'ombra e dalla penombra è il *riflesso*. Quando un corpo opaco intercetta la luce con una delle sue superficie, la superfice opposta voi vedrete non esser mai completamente oscura, ma è più o meno rischiarata dalla luce che si riflette sui corpi vicini. L'effetto di questo riverbero è ciò che appunto chiamasi riflesso. E siccome la luce riflessa da un corpo colorato partecipa in generale del colore proprio di questo corpo, ne risulta che i riflessi medesimi prendono la tinta degli oggetti vicini. I pittori nei loro quadri, i tappezieri nell'addobbamento delle stanze e le donne nei loro abbigliamenti ec. approfittano artificiosamente degli effetti di luce prodotti dai riflessi.

224. **Immagini prodotte traverso a piccole aperture.** — È troppo noto il fenomeno delle immagini prodotte traverso a piccole aperture per non tralasciare di parlarne a voi, miei buoni giovanetti, che forse lo ignorerete. Il fenomeno è questo. Facendo una piccola apertura nell'imposta di una finestra in direzione precisa a qualche oggetto esterno che rimanga di faccia, come sarebbe una casa, una chiesa, un campanile ec., e chiudendo le imposte della finestra, o delle finestre se ve ne sia più d'una, sicchè

la stanza rimanga all'oscuro, si vedrà di dentro l'immagine dell'oggetto esterno. Ma per vederla bisogna che la luce che penetra dall'apertura dell'imposta, vada a cadere, come dicono i fisici, sopra un *diaframma*, cioè sopra una superfice bianca, e questa potrebb'essere o la tenda della finestra, o la parete della stanza che le sia di faccia, o un foglio bianco che sia tenuto in faccia e a qualche distanza dall'apertura medesima. Ma l'immagine dell'oggetto esterno si vedrà non solo in dimensioni più piccole, ma quel che più sorprende, capovolta. Il rovesciamento dell'immagine risulta da questo; cioè che i raggi luminosi che provengono dagli oggetti esterni, e penetrano nella stanza per la piccola apertura, s'incrociano, come dimostra la figura 84, per una conseguenza della pro-

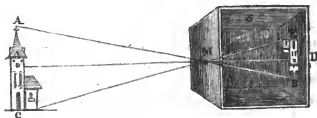



Fig. 84.

pagazione della luce in linea retta. In questa come vedete, il raggio che parte dal punto più elevato A, propagandosi in linea retta, e penetrando nella stanza S per l'apertura M va a cadere sul diaframma D nel punto B; e reciprocamente quello partito dal punto più basso C va a cadere in quello più alto E; per cui l'immagine dell'oggetto viene naturalmente a dipingersi rovesciata. Questa pittura a rovescio degli og-

getti esterni si fa ancora con tutti i colori ch' essi abbiano, massimamente in una giornata in cui splenda chiaro il sole.

Quando in seguito parleremo di un apparato detto *Camera oscura*, diremo allora con quali mezzi si possono raddrizzare le immagini; per ora basta che conosciate le cause di questo fenomeno, perchè vi faciliteranno il modo d' intenderne alcuni altri che hanno rapporto con questo, che fu primieramente osservato dal genio universale di Leonardo da Vinci.

225. **Velocità e intensità della luce.** — Discorrendo della luce non si può a meno di parlare della sua velocità che è prodigiosa, e tale che alla superfice della terra, qualunque sia la distanza, non si può accertare verun intervallo effettivo fra l' istante in cui un fenomeno luminoso si produce, e l' istante in cui l'occhio lo scorge. Ma se tale velocità non si è per anche potuta determinare sulla terra, la è stata però mediante le osservazioni astronomiche dirette sopra i pianeti e le stelle, poste ad immense distanze dalla terra; distanze che non è possibile averle sulla terra, e senza che alcun ostacolo si frapponga fra i nostri occhi e l' oggetto luminoso osservato. Da queste considerazioni gli astronomi hanno potuto concludere esser tale la velocità della luce che per giungere dal sole a noi ella impiega otto minuti e tredici secondi, percorrendo circa 220 mila miglia per minuto secondo; e che una palla scagliata da un cannone, e che sempre conservasse la sua rapidità di 390 metri per ogni minuto secondo, impiegherebbe 17 anni per venire dal sole alla terra, mentre la luce ci arriva, come si è detto, in 8 minuti e in 13 secondi.

Ora paragonando le sterminate distanze che ci se-

parano dalle stelle fisse, si giunge ai resultati che fanno stupire sul tempo impiegato dai loro raggi luminosi per giungere fino alla terra. Nessuna delle stelle fisse è lontana da noi meno di 200 mila volte la distanza che ci divide dal sole; talchè la luce impiega più di tre anni per arrivare da quelli astri sulla terra. Ma le stelle che sono visibili soltanto per mezzo del telescopio si trovano ad una tal distanza dalla terra, che abbisognano migliaia d'anni perchè la luce arrivi fino a noi. E se accadesse che alcuna di loro fosse scomparsa anche da molti anni, noi continueremmo a contemplarne la luce, perchè seguiterebbe essa a percorrere lo spazio, quantunque la sorgente dalla quale si partì più non esista.

Rispetto poi all'*intensità* di una luce, si dice che quanto più grande è la quantità di luce che riceve la superfice di un corpo illuminato, e tanto maggiore è di quella luce l'intensità; come al contrario dicesi meno intensa questa luce se in minor quantità giunge ad illuminare la superfice di un corpo; come pure l'intensità della luce sopra un dato corpo è sempre maggiore, quanto più esso sia vicino alla sorgente, onde emana la luce.

226. **Riflessione della luce.** — Ciò in quanto alla velocità e all'intensità della luce; diremo ora della riflessione. Comunissimo è il fenomeno della riflessione della luce; tutti voi sapete che presentandovi ad uno specchio, riflettesi in esso la vostra immagine, siccome quella di ogni altro oggetto che gli mettiate davanti. Ma per capir bene le cause onde muove un fenomeno tanto comune, e del quale i giovanetti non sanno rendersene conto, è necessario conoscere alcune semplici nozioni di geometria, che io verrò ora ad esporvi,

e che formano le così dette *leggi della riflessione della luce.*

Allorchè un raggio luminoso incontra una superfice levigata o liscia, sia di cristallo, sia di metallo ec., il raggio luminoso si riflette, ovvero rimbalza quasi respinto dalla superfice medesima, come avviene di una palla elastica. Questo si esprime dicendo, che il raggio o raggi luminosi sono *riflessi;* ed è ciò che appunto costituisce la riflessione della luce.

Le leggi ne sono queste:

1° *L' angolo di riflessione è eguale all' angolo di incidenza.*

2° *Il raggio incidente ed il raggio riflesso sono in uno stesso piano perpendicolare alla superfice riflettente.*

Agevolerò l' intelligenza di queste parole e di queste espressioni coll' aiuto dell' appresso figura 85.

Sia la superfice *m n* una superficie riflettente, la linea C B il *raggio incidente,* cioè che cade sulla superfice *m n*, la linea B A il *raggio riflesso*; e la linea B D una retta perpendicolare alla superfice che è chiamata *normale.* Ora le tre linee C B, D B, A B formano due angoli; l' angolo C B D sarebbe l' *angolo d' incidenza*, perchè concorre a formarlo la linea C B che abbiamo detto rappresentare il raggio incidente; e l' angolo D B A sarebbe l' *angolo di riflessione* perchè concorre a formarlo la linea B A ch' è il raggio riflesso. Ora se voi misurate con un paio di seste i due angoli, troverete essere eguali fra loro; onde avrete la convinzione che l' angolo di riflessione è eguale all' angolo d' in-

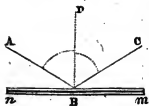



Fig. 85.

cidenza; e che il raggio incidente ed il raggio riflesso sono in uno stesso piano perpendicolare alla superfice riflettente.

Ciò premesso verrò a parlare degli specchi e del modo in cui si formano immagini negli specchi piani.

227. Specchi, e formazione delle immagini negli specchi piani. — Si dicono *specchi* certi corpi di metallo o di cristallo con superfice levigata, mediante i quali si vedono per effetto di riflessione gli oggetti che loro si presentano; e l'immagine degli oggetti è il luogo ove gli oggetti medesimi si vedono. Gli specchi di cristallo sono da una parte stagnati, cioè coperti da una lega o mescolanza di stagno e di mercurio, mediante la quale l'altra superfice si fa riflettente.

Secondo la forma, gli specchi si dividono in *piani*, *concavi*, *convessi*, *sferici* ec. Ecco come si formano le immagini negli specchi piani; l'appresso figura 86 ne aiuterà la dimostrazione.

Considerando il punto A situato davanti ad uno specchio piano M N, che cosa avverrà? Avverrà che i raggi A B che partono da questo punto, ed incontrano lo specchio, si rifletteranno secondo la direzione B O, facendo l'angolo di riflessione D B O, uguale all'angolo d'incidenza A B D.

Fig. 86.

Ciò posto, se si abbassa dal punto A una perpendicolare A N a, e si prolunga il raggio O B al di sotto dello specchio fino ad incontrare questa perpendicolare nel punto a, si formano due triangoli A B N e B N a che sono eguali, perchè hanno un lato comune

B N, compreso fra due angoli eguali. Dall' eguaglianza di questi triangoli risulta che *a* N è eguale ad A N, cioè che un raggio qualunque A B prende dopo la riflessione una direzione tale che il suo prolungamento al di sotto dello specchio incontra la perpendicolare A *a* in un punto *a*, distante dallo specchio precisamente come lo stesso punto A. Per conseguenza tutti i raggi emessi dal punto A e riflessi sullo specchio, seguono dopo la loro riflessione la stessa direzione, come se fossero tutti partiti dal punto *a*. Perciò l' occhio è ingannato e vede il punto A in *a*, come se vi fosse realmente. Dunque negli specchi piani l' immagine di un punto si forma dietro allo specchio ad una distanza eguale a quella del punto dato, e sulla perpendicolare condotta da questo punto allo specchio; ch' è quanto dire, i raggi di luce che partono dal nostro corpo vanno contro lo specchio, vi portano la nostra immagine, e questa essendo respinta dalla stagnola che non è diafana, torna ai nostri occhi percorrendo in dietro lo stesso spazio che aveva fatto per arrivare allo specchio. Ed i raggi luminosi che portano sullo specchio l' immagine del mio corpo sono riflessi, perchè non possono attraversare la stagnola distesa sulla superfice posteriore dello specchio; in conseguenza sono respinti a guisa di una palla gettata contro il muro. Come pure la nostra immagine si avvicina a noi, se noi ci avviciniamo allo specchio, e si allontana, se noi ce ne allontaniamo, perchè le linee e gli angoli d'incidenza essendo eguali alle linee ed agli angoli di riflessione, la riflessione della nostra immagine sullo specchio si fa in modo che i raggi riflessi sono diretti, come se la nostra immagine fosse collocata dentro lo specchio, e così lontana da questo, quanto nè siamo lontani noi standogli davanti.

Dall' essere gli angoli d' incidenza sempre eguali agli angoli di riflessione, ne nasce pure che l'immagine di un oggetto riflesso sull' acqua è sempre capovolta. Difatto sia la freccia A B l' oggetto riflesso nell' acqua M (fig. 87) il punto A cadrà sull'acqua in F, e sarà riflesso secondo la linea di riflessione D F, continuata fino al punto G ove si suppone essere lo spettatore; e il punto B cadrà sull'acqua in E e sarà riflesso secondo la linea C E prolungata essa pure fino á G. Ne resulta dunque che il punto A essendo riflesso in D come più lontano dalla superfice dell' acqua, e il punto B in C come più vicino, la freccia pare capovolta.

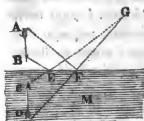



Fig. 87.

Così pure quando vediamo la nostra immagine nell' acqua di una pozzanghera o di una vasca, ci par d' essere col capo all' ingiù, perchè i piedi sono più vicini della testa alla superfice dell' acqua, e in conseguenza la loro immagine si forma più vicino alla superfice medesima, e quella della nostra testa più in fondo.

Attesi pure i diversi gradi di obliquità, ai quali cadono i raggi del sole sull' acqua, e per esser pure riflessi ad angoli eguali, lo splendore dell'astro si manifesta in un punto solo, in quello cioè da cui si partono i raggi riflessi che incontrano l'occhio dello spettatore. L' appresso figura 88 dimostrerà meglio l' asserto.

Sia S il punto occupato dal sole, le linee S A, S B, S C, i raggi da esso emanati, e in D l' occhio dello spettatore; ne avviene che delle linee punteggiate di riflessione fatte dai raggi S A, S B, S C., la S C solamente incontra l' occhio dello spettatore in D; in

conseguenza nel solo punto C si vedrà un grande splendore, mentre nessun altro punto apparirà luminoso; come neppure il punto C apparirebbe tale, se l'occhio dello spettatore fosse all'estremità di una delle altre due linee punteggiate, anzichè nel punto D. Questo fenomeno voi l'avrete osservato, miei cari, tutte le volte che vi sarà occorso di camminare in riva ad un fiume o ad un lago nelle ore in cui l'acqua era investita dai raggi del sole, i quali formavano nell'acqua un punto luminoso di tale splendore che non avrete potuto guardare.

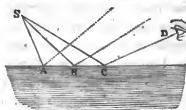



Fig. 88.

Ma relativamente alla direzione dei raggi riflessi dagli specchi è necessario che noi distinguiamo due cose, secondo che questi raggi dopo la riflessione sono o divergenti o convergenti. Se i raggi riflessi sono divergenti, non s'incontrano; ma se noi li immaginiamo prolungati al di là dello specchio, i loro prolungamenti concorrono in un medesimo punto. Ed allora essendo l'occhio colpito, come se i raggi fossero partiti da questo punto, vi scorge un'immagine. Ma questa non esiste realmente, perchè i raggi luminosi non passano al di là del cristallo dello specchio, quindi essa non è prodotta che da un'illusione dell'occhio; epperò le si dà il nome d'*immagine virtuale*, colla quale espressione vogliono i fisici significare che l'immagine tende a formarsi, ma che in realtà non si produce. Tali sono sempre le immagini fornite dagli specchi piani.

Nell'altro caso cioè quando i raggi riflessi siano convergenti, succede che questi concorrono in un punto

situato davanti allo specchio, e dalla medesima parte dell'oggetto. Ivi formano un'immagine, alla quale i fisici danno il nome d'*immagine reale*, per esprimere che essa esiste realmente; e di fatto può esser ricevuta sopra una superfice o di cristallo o di carta o di metallo ec.; e rimanervi sopra impressa, come altrove diremo. Insomma può dirsi che le immagini reali sono quelle che vengono formate dai medesimi raggi riflessi, e le virtuali quelle che sono formate dai loro prolungamenti.

Fin qui della riflessione della luce sulla superfice piana, ora diremo di quella sulle superficie curve.

228. **Specchi sferici, concavi, e convessi.** — Noi già distinguemmo gli specchi, secondo la forma, in piani e in curvi. Dei curvi, sono i più frequentemente adoprati gli sferici, cioè quelli che hanno la curvatura sferica; e si dicono *concavi* o *convessi* secondo che la riflessione dei raggi luminosi avviene sulla loro superficie concava o convessa. Con questi si dà ai raggi riflessi più punti di riunione che chiamansi *fochi;* uno dei quali è detto *foco principale*, che occupa sempre lo stesso punto dello specchio. Negli specchi concavi gli oggetti appariscono sempre più grandi del vero, nei convessi sempre più piccoli; coi concavi si possono concentrare i raggi solari, coi convessi si possono disperdere. La ragione di questo fenomeno si trova colla geometria. I grandi specchi di questo genere sono fatti con vetri curvi, dei quali si stagna o l'una o l'altra faccia, secondo che si vuole uno specchio o concavo o convesso. Quindi è che stagnando la faccia convessa, la superfice riflettente che è realmente la stagnatura, è concava; all'opposto quando la faccia stagnata è concava, si ha uno specchio convesso. Però

gli specchi curvi più comuni sono formati da un disco di vetro piano da una parte, e convesso o concavo dall' altra.

229. **Applicazioni degli specchi.** — L' applicazione degli specchi piani negli usi domestici noi tutti la conosciamo, e cotali oggetti formano d' ordinario l'ornamento delle camere e delle sale. Sono pure adoprati in molte esperienze di fisica per dare alla luce una determinata direzione.

Degli specchi concavi pure si fanno molte utili applicazioni; e perchè si ottiene per essi un' immagine più grande dell' oggetto, così taluni vi si specchiano mentre si radono la barba, onde meglio eseguire cotale operazione sopra la faccia, fatta più grande dal riflesso di questi specchi. Parlando del calorico, noi vedemmo l' uso che potevasi fare degli specchi concavi come specchi ustorii; ed a suo luogo diremo l'altro uso che ne facciamo nella costruzione dei telescopi. Sono pure adoprati utilmente come *riflettori*, e come tali spingono la luce a grandi distanze; collocando una fiaccola nel loro foco principale. Così avvicinando due specchi concavi in modo che la superfice concava di uno stia in senso opposto alla superfice concava dell' altro, e ponendo in mezzo al piccolo spazio che li divide una fiaccola, si ottiene l' effetto di due riflettori nel medesimo tempo, e per essi una sola fiaccola illumina contemporaneamente in due opposte direzioni. Lumi o riflettori di tal maniera sono utilmente adoprati per le scale, onde vengano rischiarate in tutta la loro estensione.

Anco gli specchi convessi hanno qualche utile applicazione; e siccome le immagini che sieno poste dinanzi ad essi appariscono più piccole del vero; così

vengono talvolta adoprati dai pittori per ridurre facilmente in piccolo gli oggetti che vogliono riprodurre coi colori.

TRATTENIMENTO XX.

CONTINUA DELLA LUCE.

SOMMARIO

Fenomeno della rifrazione. — Effetti della rifrazione. — Miraggio e Fata Morgana. — Lenti. — Prismi. — Decomposizione della luce bianca. — Strumenti d'ottica. — Microscopio e sua utilità. — Cannocchiali. — Cannocchiale di Galileo o da teatro. — Telescopi.

230. **Fenomeno della rifrazione.** — Un altro fenomeno della luce è la *rifrazione;* così chiamata una deviazione che subiscono i raggi luminosi quando passano obliquamente da un mezzo in un altro, come sarebbe dall'aria nell'acqua. Diciamo *obliquamente*, perchè se il raggio luminoso è perpendicolare alla superficie che separa i due mezzi, non è deviato, e continua a propagarsi in linea retta.

Come abbiamo fatto della riflessione, così della rifrazione, indicheremo il fenomeno con una figura.

Rappresentando con S O (fig. 89) il *raggio incidente*, chiamasi *raggio rifratto* la direzione O H che prende la luce, nel secondo mezzo, ch'è l'acqua, e gli angoli S O A, ed H O B che formano questi raggi colla retta A B, normale alla superficie che separa i due mezzi, formati dall'aria e dall'acqua, si chiamano l'uno *angolo d'incidenza*, l'altro *angolo di rifrazione*.

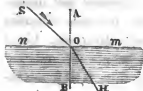



Fig. 89.

Avvertite però che la luce incidente che si presenta per passare da un mezzo in un altro, non penetra mai completamente in quest'ultimo, ma una parte se ne riflette alla superfice di separazione dei due mezzi, e penetra nel secondo mezzo soltanto l'altra.

231. **Effetti della rifrazione.** — Per effetto della rifrazione i corpi immersi in un mezzo più rifrangente dell'aria sembrano avvicinati alla superfice di separazione dei due mezzi; al contrario ne sembrerebbero allontanati se fossero posti in un mezzo meno rifrangente. E per questo un bastone o un ramo immerso obliquamente nell'acqua sembra spezzato, come indica la fig. 90, perchè la parte immersa apparisce rialzata.

Fig. 90.

Come pure per effetto della rifrazione gli astri ci sembrano più alti che non sieno sul nostro orizzonte. E difatto siccome gli strati atmosferici aumentano di densità avvicinandosi al suolo, e siccome per un medesimo gas il potere rifrangente cresce colla densità, ne risulta che i raggi luminosi emanati dalle stelle, entrando nell'atmosfera A A (fig. 91) e propagandosi in essa, si piegano descrivendo una curva che arriva fino all'occhio dell'osservatore in C; quindi noi vediamo la stella in P, invece di vederla in S, ov'è realmente.

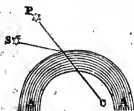



Fig. 91.

Un egual fenomeno a quello dell'apparente rialzamento degli astri sul nostro orizzonte l'osserviamo

ponendo una moneta o un oggetto qualunque entro una catinella. Se collochiamo una persona in modo che non veda il fondo della catinella, posta sopra un tavolino, non potrà scorgere neppur la moneta; ma se vi versiamo dentro dell'acqua, la moneta si farà visibile, di mano in mano che aumenterà l'acqua versata nella catinella, e arriverà un momento in cui egli la vedrà tutta, come se fosse galleggiante sul liquido, mentre sarà sempre in fondo alla catinella.

La moneta sarà visibile per effetto pure di rifrazione facendo l'esperimento in un'altra maniera ancora. Riempite d'acqua per metà un bicchiere, applicatevi il palmo di una mano sull'orlo, come indica la fig. 92 e tenendo il bicchiere coll'altra, capovolgetelo con destrezza onde il liquido non si versi. Osservate allora la moneta che starà posata sul palmo della mano, e vi apparirà ingrandita, ma nello stesso tempo ne vedrete un'altra al di sopra della prima di grandezza naturale. L'esperimento è curiosissimo, e voi tutti potete farlo facilmente.

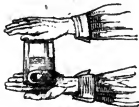



Fig. 92.

In pari modo un fiume d'acqua limpida sembra sempre meno profondo a causa della rifrazione dei raggi che rendon visibile il letto del fiume, i quali passando dall'acqua nell'aria, deviano, e lo fanno apparire più elevato e meno profondo. Come pure i pesci paiono sempre più vicini alla superfice dell'acqua di quello che non lo sono realmente, perchè i raggi luminosi che ce li rendon visibili, nell'uscire dall'acqua sono deviati dalla rifrazione. Nè soltanto più

prossimi alla superfice dell'acqua ci appaiono, ma ci sembrano ancora più grossi, perchè i raggi che essi riflettono da tutti i punti del loro corpo, deviando nell'uscire dall'acqua, portano per conseguenza l'immagine ai nostri occhi più grande che non è realmente. Se avrete veduto dei pesci nuotare entro un vaso di cristallo, vi avrà colpito l'effetto di questo fenomeno. Così pure i sassi e tutti gli oggetti che si possono scorgere nel fondo di un fiume, di un pozzo e di una vasca, ci appaiono più grandi e più grossi per effetto di rifrazione.

232. **Miraggio, e Fata Morgana.** — Avvi un fenomeno ch'è chiamato *miraggio;* ed è un illusione ottica, ovvero della vista, che fa vedere al di sotto del suolo o nell'atmosfera l'immagine rovesciata degli oggetti lontani. È frequente nei paesi caldi e in specie nelle pianure sabbiose dell'Egitto. Ivi il suolo, grandemente incalorito dal sole, presenta spesso l'aspetto di un lago sul quale si riflettono gli alberi ed i villaggi circostanti. La storia ci ricorda che l'esercito francese nella sua spedizione in Egitto del 1799 spesso restò deluso dal miraggio; e quelli assetati guerrieri spesso provarono la pena del favoloso Tantalo, perchè credendo di veder laghi, verso quelli si dirigevano affannati ed ansiosi di estinguer la sete ond'erano divorati, ma giunti sul luogo non trovavano che sabbie cuocenti. In quelle contrade il fenomeno è chiamato *serab*, cioè ingannatore, perchè chi ha sete le prende per acqua finchè non si accosta, e niente vi trova.

È questo pure un fenomeno di rifrazione che risulta dalla ineguale densità degli strati atmosferici quando sono dilatati pel loro contatto col suolo molto

riscaldato. Gli strati inferiori essendo allora i meno densi, un raggio luminoso che si diriga da un albero elevato A (fig. 93) verso il suolo, attraverso degli strati d'aria sempre meno rifrangenti, al di sotto del suolo S si produce un' immagine rovesciata M dell' oggetto da cui il raggio fu emessso, come se venisse riflesso in un punto O sulla superfice dell' acqua, e veduto dal punto P. Perciò l' arabo che sul cammello attraversa il deserto, come indica la figura, vede riflettere capovolta nel suolo l' immagine dell' albero, come se invece di sabbie vi fosse un lago d' acqua limpida.

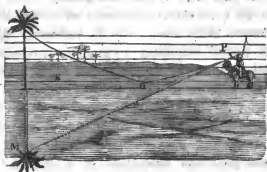



Fig. 93.

Ma se al contrario la terra è più fredda dell'atmosfera, e gli strati inferiori dell'aria più densi dei superiori, allora gli oggetti appaiono all' occhio in una posizione più elevata di quella che hanno realmente, ma sempre capovolti. Nel primo caso la concavità dei raggi è rivolta in alto, come nella figura 93 lo indica la linea O; e nel secondo caso è volta in basso, come nell' appresso figura 94 lo indicano le due linee punteggiate B B. E perciò i navigatori osservano nell'atmosfera l'immagine rovesciata delle spiagge o delle

navi lontane, quando la temperatura del mare è inferiore a quella dell'aria, perchè allora gli strati più bassi dell'atmosfera sono i più densi a motivo del loro contatto colla superfice delle acque. Per un effetto che sembra analogo al miraggio, è succeduto pure che alcuni viaggiatori abbian veduto la propria ombra benissimo disegnata sopra una nube vicina al di sopra di loro, o l'immagine di statue di pietra poste sui campanili, riflesse da una nube. A questa specie di miraggio si dà comunemente il nome pure di *Fata Morgana*, perchè i Messinesi che talvolta godono del bel fenomeno di vedere sull'aria l'immagine di palazzi, giardini, boschi ec., l'attribuivano un tempo, per effetto d'ignoranza e di superstizione, al potere di una Maga detta Morgana.

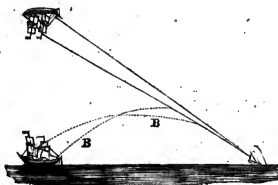



Fig. 94.

Questo in quanto alla rifrazione; passeremo ora a parlare delle *lenti*.

233. **Lenti.** — Si chiamano *lenti* certi oggetti diafani di cristallo, che attesa la curvatura della loro superfice, hanno la proprietà di rendere convergenti o

divergenti i raggi luminosi che li attraversano. Secondo il genere di curvatura, le lenti si chiamano sferiche, cilindriche, elittiche ec. Negli strumenti d'ottica si usano soltanto le lenti sferiche; e combinando le superficie sferiche tra loro o con superficie piane, si formano sei specie di lenti che sono rappresentate nella figura 95. Quattro sono terminate da due superficie sferiche, e due da una superficie piana ed una sferica.

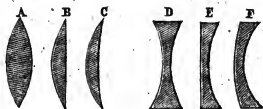



Fig. 95.

La prima A si chiama *biconvessa*, la seconda B *pianoconvessa*, la terza C *concavoconvessa convergente*, la quarta D *biconcava*, la quinta E *pianoconcava*, e l'ultima F *concavoconvessa divergente*.

Le prime tre che sono più grosse al centro che agli orli, sono *convergenti*; le ultime tre più sottili al centro che agli orli sono *divergenti*. Le convergenti ingrandiscono gli oggetti veduti attraverso delle medesime; le divergenti li fanno apparire più piccoli. Nelle lenti pure, come negli specchi, chiamansi *fochi* i punti in cui concorrono i raggi rifratti. Altrove diremo delle loro applicazioni.

234. Prismi. — Oltre alle lenti, vi sono tra gli strumenti di ottica, ancora i *prismi*. Questi pure sono di cristallo terminati da due facce triangolari A A

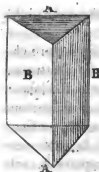



Fig. 96.

(fig. 96) e da tre facce rettangolari B B, che rifrangono la luce; facendo deviare i raggi, e separando gli uni dagli altri. Avvicinandosi un prisma agli occhi, gli oggetti veduti attraverso ad esso sembra che abbiano tutti i colori dell' iride o arco baleno, per un fenomeno che i fisici chiamano decomposizione della luce bianca, così detta quella che ci giunge dal sole.

235. **Decomposizione della luce bianca.** — Parlando sempre di rifrazione di luce, succede che quando la *luce bianca* passa da un mezzo in un altro, non è soltanto deviata, ma, come dicono i fisici, è anco *decomposta in parecchie specie di luce.* A questo fenomeno essi danno il nome di *dispersione*, e succede tutte le volte che un fascio di raggi solari attraversa un prisma.

Decomponendosi dunque la luce bianca per effetto della rifrazione in un prisma, si vedono principalmente sette tinte o colori disposte con quest' ordine: *violetto*, *azzuro*, *turchino*, *verde*, *giallo*, *ranciato* o *arancione* e *rosso*, i quali non possono essere più decomposti per mezzo del prisma, e perciò sono detti *semplici*. La luce solare è dunque composta dei raggi di questi colori. Ma questi colori spariscono, e con essi la luce bianca si ricompone ricevendo la luce decomposta da un prisma sopra un altro prisma che sia rivolto in senso contrario a quello che riceve la luce solare. Al complesso di questi sette colori ottenuti dalla decomposizione dei raggi solari, i fisici danno il nome di *spettro solare*; in conseguenza tutte le volte che voi vedrete l' arco baleno, vi si farà visibile lo

spettro solare, ossia il complesso dei sette colori che compongono la luce bianca del sole.

Non avendo due prismi, possiamo dimostrare che questi sette colori dello spettro solare formano realmente il bianco, per mezzo di un disco di cartone del diametro di circa 35 centimetri. Di esso (fig. 97) la parte centrale e gli orli sono coperti di carta nera, e nell'intervallo sono incollate delle liste di carta che si stendono dal centro alla circonferenza, e sono colorite in rosso, arancione, giallo, verde, turchino, azzurro e violetto. Imprimendo a questo disco un moto rapido di rotazione per mezzo del meccanismo indicato dalla fig. 98 i nostri occhi ricevendo simultaneamente ma con grande rapidità l'impressione dei sette colori dello spettro, il disco messo in moto sembra bianco, o almeno bianchiccio, perchè i colori di cui è coperto non sono esattamente quelli dello spettro, perchè è impossibile imitarli perfettamente.

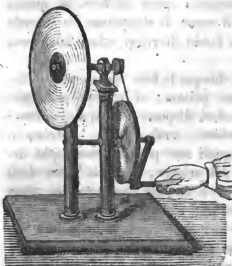



Fig. 97.

Fig. 98.

Per le esperienze fatte in proposito dai fisici, sap-

piamo pure che i corpi decompongono la luce per riflessione, ed il colore che essi manifestano ai nostri occhi deriva appunto dal riflettere che essi fanno quel colore. Così le foglie degli alberi, per es., sono verdi, perchè riflettono il color verde, il corallo è rosso, perchè riflette il color rosso; e così dicasi degli altri. Quei corpi poi che riflettono tutti i colori dello spettro, sono bianchi, e succede naturalmente in essi quello che artificialmente otteniamo dal far girare prestissimo il disco di cartone. Al contrario quei corpi che non ne riflettono alcuno, ma li assorbono tutti, appariscono neri. Fra il nero dunque ed il bianco, che sono due limiti estremi, si presenta un infinito numero di tinte secondo che i corpi riflettono in maggior numero o in minor quantità certi colori che gli altri corpi assorbono. Di modo che i corpi non sono colorati per se stessi, ma dalla specie di luce che riflettono. Di fatto se mettiamo all'oscuro una stanza ove sieno oggetti di quanti colori volete, i colori spariscono tosto che non sieno più colpiti dalla luce, che fra le altre sue preziose qualità, ha quella pure di generare i colori. La facoltà poi di riflettere un colore anzichè un altro, dipende dalla natura di cui si compone la superfice istessa dei corpi.

236. **Strumenti di ottica.** — Dassi il nome di *ottica* alla parte della fisica che ha per iscopo i fenomeni della visione e della luce; onde si chiamano *strumenti d'ottica* certe combinazioni di lenti, e di lenti e di specchi. Questi strumenti si possono dividere in tre classi, secondo gli usi a cui sono destinati.

Appartengono alla prima classe quelli che hanno per iscopo di soltanto ingrandire le immagini di quei corpi che per la loro piccolezza non possono esser veduti ad occhio nudo. Tali sono i *microscopi*.

Sono della seconda classe quelli che servono alle osservazioni degli astri o degli oggetti molto lontani. E questi sono i *cannocchiali e i telescopi.*

Quelli della terza classe finalmente sono destinati a produrre sopra un diaframma delle immagini impiccolite od ingrandite, e come tali essere utili nell'arte del disegno, oppure esser mostrate a molti osservatori. Sono di questa classe la *camera oscura*, il *daguerrotipo*, il *megascopio*, la *lanterna magica*, la *fantasmagoria*, le *lenti a gradinate*, e qualcun altro.

Mi farò a parlare del microscopio.

237. **Microscopio, e sua utilità.** — Due specie di microscopi si distinguono, il semplice ed il composto, e si l'uno che l'altro destinati a ingrandire le immagini dei piccoli oggetti. Il microscopio semplice è formato o di una sola lente convergente, o da più lenti sovrapposte che agiscono come una sola. Se è formato di una sola lente incastrata entro un'armatura o di corno, o di tartaruga o di metallo a guisa di occhialetto, è tra i microscopi semplici il più semplicissimo, del quale si servono comunemente i botanici per osservare le piccole parti di un fiore, di una pianta. Alcuni se ne servono ancora per leggere, perchè ottengono con esso l'ingrandimento delle lettere, e possono così leggere con più speditezza, e senza affaticarsi la vista.

Al microscopio semplice furono date varie disposizioni; l'appresso fig. 99 ve ne rappresenta una. In questa un sostegno orizzontale S che può essere alzato od abbassato per mezzo di un'asta dentata F e d'una vite D, porta una lente A più o meno convessa. Al di sotto di questa è un sostegno B, esso pure orizzontale. Questo si chiama *porta oggetti*, è fisso e vi si collocano sopra due piccole lastre di vetro C, framezzo

alle quali si colloca il piccolo oggetto che vogliamo osservare. Siccome è necessario che l'oggetto sia fortemente illuminato, si riceve la luce diffusa dell'atmosfera sopra uno specchio concavo di cristallo M, il quale, essendo mobile, possiamo inclinarlo in modo che i raggi riflessi cadano tutti sull'oggetto. Allorchè vogliamo osservare, si colloca l'occhio assai vicino alla lente, abbassandola verso l'oggetto od innalzandola, finchè si trova la posizione in cui l'immagine si veda il meglio possibile. Con microscopi di questa specie si ottiene un ingrandimento degli oggetti fino a 120 volte; ch'è quanto dire appariscono essi 120 volte più grandi di quel che sono realmente.

Fig. 99.

Ma un ingrandimento assai maggiore e oltremodo maraviglioso si ottiene coi microscopi composti; così chiamati perchè vi concorre l'azione di due o più lenti. Quelli composti di sole due lenti convergenti sono ridotti al loro massimo grado di semplicità, e queste lenti sono dette una *obbiettivo*, perchè è rivolta verso l'oggetto; l'altra, ch'è meno convergente, chiamasi *oculare*, perchè nell'atto di osservare trovasi vicino all'occhio dell'osservatore. Altri microscopi sono muniti, oltre all'obbiettivo e all'oculare, di altre lenti ancora e per modo disposte, che danno in superfice un'immagine ch'è più grande dell'oggetto da 250 a 360 mila volte, e ancora più.

L'invenzione del microscopio, (comunemente at-

tribuita a Cornelio Drebbel nato in Olanda il 1572) ha portato grandissimi vantaggi all'umanità, ed è stata la sorgente di un infinito numero di scoperte nelle scienze naturali, quali sono la botanica, la zoologia ec. Con esso furono osservati animali nell'acqua, nell'aceto, nella pasta di farina, nelle frutta secche ed in certe qualità di cacio; animali di cui ignoravasi l'esistenza prima che il microscopio fosse inventato. Con questo i botanici hanno potuto osservare le più minute particelle di una foglia, di un fiore, di un frutto, di un seme. Con esso rendesi visibile negli animali la circolazione del sangue ed i globetti che lo compongono, come pure la struttura interna di qualunque viscere o altra parte del nostro corpo e di quello degli animali. Il che ha giovato moltissimo alla medicina e alla chirurgia.

Nè alle sole scienze ha giovato il microscopio, ma ancora l'industria ne ha fatto e sempre ne fa delle utilissime applicazioni. Imperocchè si possono, per es., riconoscere le differenti specie di farine che si ottengono macinando quei prodotti della terra che le contengono, e ravvisarvi le falsificazioni che pur troppo sono frequenti per opera di coloro che non hanno vergogna di procurarsi guadagni disonesti ingannando. Come pure si riconosce nelle stoffe la sostanza che le compone, cioè se alla seta o alla lana sia mescolato del cotone, del lino o altro di simile.

Questo in quanto al microscopio; parleremo ora dei cannocchiali e dei telescopi.

238. **Cannocchiali.** — I *cannocchiali* sono strumenti composti di due o più lenti poste in un tubo, in modo da ravvicinare gli oggetti lontani ingrandendoli. Se sono a due lenti soltanto, hanno come il

microscopio composto, un obbiettivo ed un oculare convergenti; e questi sono detti *cannocchiali astronomici*. Se sono a più lenti, si chiamano *cannocchiali terrestri*.

La figura 100 rappresenta un cannocchiale astronomico montato sul suo sostegno S, sul quale si muove in tutti i sensi. Nel punto O è la lente oculare, in B è l'obbiettivo. È così chiamato perchè si osservano con esso gli astri, i quali venendo dalle lenti ingranditi, possono essere osservati ed esaminati assai meglio che non ci è dato di fare coll'aiuto dell'occhio soltanto, attesa la loro gran distanza dalla terra. In questi l'immagine si forma sensibilmente al fuoco dell'obbiettivo; sicchè l'oculare non fa che le veci di un microscopio semplice, e l'occhio vede ingrandita l'immagine dell'oggetto ma rovesciata.

Fig. 100.

Sopra questo cannocchiale avvene un altro più piccolo C come indica la figura, ed è chiamato *cercatore*. Questo pure ha nel punto D la lente oculare, e in F l'obbiettivo. Di questo cannocchialetto si servono gli astronomi per cercare gli astri nello spazio del cielo, e ve li trovano più facilmente, perchè ingrandendo meno del cannocchiale grande, abbracciano un campo o estensione maggiore che non si fa coll'altro.

Trovato l' astro col piccolo cannocchiale, si osserva coll' altro.

Abbiamo detto che i cannocchiali a più lenti sono chiamati terrestri. Questi differiscono dal cannocchiale astronomico solo perchè in essi le immagini sono raddrizzate, raddrizzamento che si ottiene per mezzo di altre due lenti biconvesse o convergenti che stanno collocate entro al tubo tra l' obbiettivo e l' oculare, ma fissate ad una distanza costante; mentre l' obbiettivo è mobile, e può essere avvicinato od allontanato da quella delle due lenti convergenti che gli è più vicina in modo che l' immagine si formi sempre al foco di questo vetro, qualunque sia la distanza dell' oggetto che si osserva.

239. Cannocchiale di Galileo o da teatro. — Il *cannocchiale di Galileo* o *cannocchiale da teatro* è il cannocchiale più semplice, perchè è composto di due sole lenti, cioè un obbiettivo convergente o lente biconvessa, ed un oculare divergente o lente biconcava, le quali danno immediatamente raddrizzata un' immagine dell' oggetto. Questo cannocchiale è molto corto, come indica la fig. 101 e comodamente portatile, e perciò è usato nei teatri per meglio scorgere e ravvisare le persone che vi sono riunite.

Fig. 101.

Ma trattandosi di cannocchiali da teatro, sono più comodi, e più comunemente usati i così detti *binoculi*; i quali differiscono da quello ora descritto soltanto per esser doppio (fig. 102), onde formare un' immagine in ambedue gli occhi, ed aumentare per tal modo la

chiarezza. I cannocchiali binoculi sono utilissimi ancora per bene osservare i quadri che nelle Gallerie sono appesi all' alto delle pareti, per cui sono detti ancora cannocchiali da gallerie.

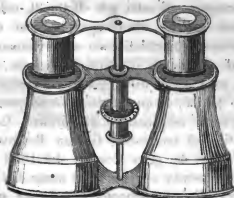



Fig. 102.

Galileo fu il primo che adoperò il suo cannocchiale nelle osservazioni degli astri; e con esso questo illustre toscano scoprì le montagne della luna, i quattro satelliti di Giove, le macchie del sole e le fasi di Venere.

S'ignora l' epoca dell' invenzione dei cannocchiali. Alcuni ne attribuiscono la scoperta a Ruggero Bacone vissuto nel secolo tredicesimo, altri a Giovan Battista Della Porta alla fine del secolo sedicesimo; altri ancora a Giacomo Mezio, olandese, che nel 1609 dicesi avesse per caso trovato che combinando due lenti, una concava e l' altra convessa, scorgesse gli oggetti più grandi e più vicini che non erano realmente.

240. Telescopi. — I *telescopi* ancora sono strumenti che servono a vedere gli oggetti lontani e particolarmente gli astri; sicchè il cannocchiale astronomico

e quello di Galileo non sono altro che telescopi. Infatti essi ebbero dapprima questo nome, e si chiamavano *telescopi per rifrazione*; ma al presente si fa una distinzione; e si chiamano telescopi i soli apparati coi quali si scorgono gli astri per effetto di riflessione e di rifrazione insieme, in virtù di specchi e di lenti che potentemente ingrandiscono e ravvicinano gli astri lontanissimi. Ve ne ha di parecchie specie, ma i più conosciuti sono quelli di Gregory, di Newton, di Herschel e di Amici, il quale ultimo è adoprato nel nostro osservatorio astronomico di Firenze. Con questo il matematico ed astronomo Giovan Battista Donati, toscano, scoprì la gran Cometa del 1858 che negli annali di astronomia è distinta col nome di *Cometa Donati*. Questo giovine astronomo già forma una gloria italiana, e con quei celebri professori Parlatore ed Amici, al mondo ormai noti, egli forma il dotto consesso che si accoglie nel nostro Museo di Storia Naturale, retto dalla sapienza del Cav. Antinori, che n'è il direttore.

Nè altro aggiungeremo rispetto a questi maravigliosi strumenti, quantunque i brevissimi cenni che ne abbiamo dati riescano per dire il vero assai incompleti, nè bastino a far concepire una chiara idea dell'andamento dei raggi e delle loro rifrazioni, dalle quali dipende l'ingrandimento dell'immagine dell'oggetto. Ma per il pieno svolgimento di questa materia essendo necessarie alcune cognizioni di matematiche, che voi forse non avete, stimo esser cosa migliore il restarsi a quello che abbiamo detto.

Nel prossimo trattenimento parleremo degli strumenti di ottica, i quali, secondo la classazione che ne abbiamo fatta, formano gli strumenti d'ottica di terza classe.

TRATTENIMENTO XXI.

CONTINUA DELLA LUCE

SOMMARIO

Camera oscura. — Daguerrotipo. — Fotografia sulla carta. — Immagini positive sul vetro. — Megascopio. — Lanterna magica. — Fantasmagoria. — Lenti a gradinate, Fari. — L' occhio. — Stereoscopio. — Miopia. — Presbitismo. — Diplopia. — Acromatopsia. — Strabismo.

Noi ponemmo nella terza classe degli strumenti d' ottica la camera oscura, il daguerrotipo, il megascopio, la lanterna magica, la fantasmagoria, e le lenti a gradinate. Mi farò a parlare della camera oscura.

241. Camera oscura. — La *camera oscura* è un apparato che consiste in una grande scatola di legno, nella quale i raggi luminosi penetrano attraverso una lente, e formano nella parete o parte opposta l' immagine dell' oggetto che sia di faccia alla lente. L' immagine però è in dimensioni assai minori e coi suoi colori naturali, come succede attraverso al foro praticato nell' imposta di una finestra. La lente è biconvessa, e collocandone al foco un diaframma bianco, l' immagine riesce molto più nitida, meglio colorita, e di mirabile somiglianza. Questa incontra uno specchio di vetro inclinato, per cui cambia direzione, e va a formarsi sopra una lastra di vetro smerigliato, detto comunemente spulito, che sta disposto orizzontalmente a superficie della scatola, sicchè collocando sopra questo un foglio di carta, si possono comodamente copiare con un lapis i contorni dei pub-

blici e privati monumenti con assai precisione. Per adoperarla nell' arte del disegno, renderla portabile e raddrizzar facilmente le immagini, le si diedero diverse forme, e vi si disposero più lenti convergenti.

242. **Daguerrotipo.** — Molto più utile, e di uso assai più comune è il *daguerrotipo;* così detto dal nome del suo inventore. Questo apparecchio serve a fissare sopra sostanze sensibili alla luce le immagini formate dalle lenti convergenti nella camera oscura. L' arte di produrre le immagini degli oggetti per mezzo della luce ricevette il nome di *fotografia;* e si distingue in fotografia sulle lastre di rame coperte d' argento, in fotografia sulla carta e in fotografia sul vetro.

Daguerre, chimico e fisico francese, fece conoscere nel 1839 la sua bella scoperta, il cui processo si compone di cinque operazioni principali; e sono:

1ª Il pulimento della lastra di rame, coperta di una lamina sottile d' argento, sopra la quale devesi formare l' immagine;

2ª La deposizione su questa piastra della sostanza che la rende atta a ricevere le impressioni della luce;

3ª L' esposizione della lastra all' azione della luce nella camera oscura;

4ª L' esposizione della lastra ai vapori di mercurio che fanno apparire l' immagine;

5ª La fissazione dell' immagine.

La pulitura della lastra è un' operazione importante, dalla quale dipende il successo dell' esperimento; e si comincia con fiocchi di cotone leggermente bagnati con spirito di vino, e si termina con del rosso d' Inghilterra ed un lisciatoio di pelle.

Pulita la lamina si espone per due minuti circa sopra una piccola cassa al vapore di una sostanza detta

iodio, e quindi per aumentarne la sensibilità all'azione della luce, dovendo fare un ritratto ed averlo in pochi minuti secondi, si espone la lamina al vapore di un'altra sostanza detta bromo, e finalmente si riporta sulla cassa di iodio e vi si lascia esattamente la metà del tempo che vi era rimasta la prima volta.

Resa così la piastra sensibilissima all'azione della luce, si rinchiude in un piccolo telaio di legno, e se ne copre la superfice preparata con una tavoletta di legno, detta dai fisici diaframma, che è scorrevole nel telaio, e che si può togliere a piacere. È naturale che queste operazioni essendo dirette a rendere la piastra metallica sensibilissima alla luce, è necessario farle in un luogo pochissimo rischiarato dalla luce, e quasi al buio.

La piastra così preparata, si porta in una camera oscura di legno, rappresentata nella figura 103, e che forma l'apparato conosciuto generalmente sotto il nome di daguerrotipo, e che è una vera camera oscura detta a cassetta, della quale abbiamo già parlato.

Quest'apparato dunque si compone di una parte fissa C, di una parte mobile B, di un tubo d'ottone A ove trovasi la lente obbiettiva ossia convergente, che si fa avanzare o retrocedere mediante un'asta dentata ed un piccolo rocchetto che si fa girare a mano per mezzo di un bottone D. La parete opposta all'obbiettivo è formata di una lastra di vetro smerigliato fissa in un telaio E che si toglie a piacere. Il tutto posa sopra un sostegno M.

Se vogliamo ottenere un ritratto, si fa sedere la persona davanti all'obbiettivo e ad una certa distanza, poi si fa avanzare o retrocedere la parte mobile B fintantochè l'immagine, che si produce rovesciata sulla

lastra di vetro smerigliato, apparisca ben chiara, il che avviene quando la lastra trovasi sensibilmente al foco della lente. Nei ritratti il foco si determina per rapporto agli occhi della persona, essendo questa la parte più centrale del viso.

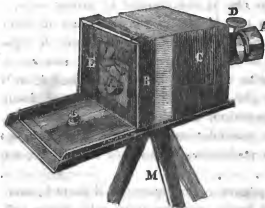



Fig. 103.

Trovato il foco, senza spostare punto la camera oscura, si leva la cornice E e la lastra di vetro smerigliato, e vi si sostituisce il telaio contenente la lastra iodata; ritirando poi da questo telaio l'assicina scorrevole che copre la superfice d'argento, l'immagine che prima si formava sul vetro smerigliato, viene a formarsi sulla piastra. Allora la luce produce la sua azione misteriosa, e disegna sulla lastra un'immagine visibile. Il tempo pel quale la lastra deve restare esposta alla luce varia coll'obbiettivo, colla preparazione dello strato sensibile coll'intensità della luce, e può essere da otto a cinquanta secondi. Se l'esposizione alla luce fu troppo prolungata, l'immagine rimane bianca, ed è nera se l'esposizione fu di troppo breve durata.

Giunto il tempo di troncare l'azione della luce, il che si apprende con una lunga pratica, e in certe giornate neppur questa basta, si abbassa l'assicina scorrevole, e si ritira il telaio, entro il quale la piastra si trova in una totale oscurità, il che è indispensabile come prima della sua introduzione nella camera oscura.

Se si guarda la piastra in questo momento, non vi si scorge alcuna traccia d'immagine; ma per renderla visibile si espone la piastra all'azione dei vapori di mercurio collocandola nell'alto di una cassa di legno destinata a quest'uopo, il cui fondo di lamiera di ferro porta una cavità piena di mercurio. Riscaldando questo metallo con una fiaccola a spirito i suoi vapori si depositano sulle parti della lastra che furono fortemente illuminate, e vi fanno apparire l'immagine, che per averla più nitida si lava con un'acqua che contiene una sostanza chiamata dai chimici *iposolfito di soda*.

Ciò fatto rimane ancora un'altra operazione ed è quella di fissare l'immagine sulla lastra, perchè il più leggiero sfregamento la scancellerebbe; il che viene impedito lavandola in una soluzione che i chimici chiamano *cloruro d'oro* (cloro mescolato all'oro) e in un'altra d'iposolfito di soda.

243. **Fotografia sulla carta.** — Nel processo di Daguerre le immagini vengono prodotte immediatamente sulle lastre metalliche. Ma così non avviene nella fotografia sulla carta, la quale comprende due parti distinte: nella prima si ottiene un'immagine le cui tinte sono inverse, cioè le parti più chiare della persona che si fa il ritratto sono divenute sulla carta le più oscure, e le parti più oscure sono divenute più chiare. Questa è ciò che i fotografisti chiamano *immagine negativa*. Nella seconda parte si adopera la

prima immagine per formarne un' altra in cui le tinte sono rovesciate di nuovo, e si trovano quindi nel loro ordine naturale. Questa è ciò che chiamano *immagine positiva.*

La prova negativa si può produrre sul vetro o sulla carta: generalmente si fanno sul vetro le prove negative pei ritratti, e sulla carta quelle dei paesaggi.

Nelle prove negative sul vetro si pulisce una lastra di vetro sfregandola con un panno leggermente bagnato di spirito di vino, e poi si sfrega con una pelle di daino. Quanto più è pulita la lastra, e tanto meglio riesce la prova.

Pulita che sia, e tenendola in posizione orizzontale, vi si versa nel mezzo una sostanza detta *collodione* (preparazione di etere, di cotone e di altre sostanze), poi s' inclina la lastra in tutti i sensi per modo che il liquido scorra sopra tutta la superfice del vetro, poi s' inclina verso uno de' suoi angoli, e per esso si lascia sgocciolare nella boccetta il liquido che avanza.

Dopo pochi istanti l'etere del collodione vaporizza, e la superfice prende un aspetto velato dalle molecole di cotone e delle altre sostanze che vi sono rimaste adese. Ciò fatto si tiene immersa la lastra di vetro per circa un minuto entro una soluzione di altre sostanze alle quali è mescolato pure dell' argento, e succede subito alla sua superfice una trasformazione chimica. Tolta dal bagno, si aspetta che siasi bene asciugata, e quindi si pone in un telaio chiuso, e si porta nella camera oscura di Daguerre nello stesso modo che abbiamo già detto per le lastre metalliche. Avvertite però che tutte queste operazioni debbono esser fatte in luogo oscuro, illuminato soltanto da una candela o da una

lampada coperta con un vetro giallo arancione, o con un cilindro di carta dello stesso colore.

La lastra di vetro che sopra una superfice viene in ultimo ad avere una preparazione di una sostanza, detta *ioduro d' argento*, sotto l' influenza della luce subisce una decomposizione, per la quale l' immagine che è stata davanti all'obbiettivo del daguerrotipo, vi rimane impressa, ma non è per anche visibile. Per renderla tale s' immerge la lastra in una soluzione di un acido, detto *pirogallico* mescolato a qualche altra sostanza, e leggermente si riscalda. Al calore succede un' altra decomposizione chimica, per la quale apparisce l' immagine, la quale poi lavata con altre soluzioni, si rende benissimo visibile, nè facilmente si cancella.

Questa che abbiamo detto chiamarsi, prova negativa, perchè le parti più chiare sono divenute le più oscure, serve a produrre tante immagini eguali ma positive, aventi cioè oscure e chiare le parti che realmente sono oscure e chiare nell' oggetto posto davanti all' obbiettivo.

Per ottenere le immagini positive sulla carta, si colloca sulla superfice del vetro che ha l' impressione, una carta già stata immersa in una soluzione di cloruro d' argento, poi si pongono ambedue fra due lastre parimente di vetro senza alcuna impressione, e il tutto si espone all' azione della luce in modo che le parti nere dell' immagine negativa facciano ombra sulla carta preparata col cloruro d' argento. Allora sopra quest'ultima si produce una copia dell' immagine negativa, in cui le parti rischiarate sono sostituite dalle ombre, e le parti ombrate sono sostituite dalle rischiarate. Così si ottiene un' immagine positiva, avente cioè le ombre

in quei punti che la negativa aveva i chiari, e avente i chiari ove quella aveva le ombre. Queste immagini pure hanno bisogno di esser fissate, e si ottiene con immerger la carta in una soluzione d'iposolfito di soda; e finalmente per avere dai chiari e dagli oscuri un effetto migliore, si tiene per alcune ore immersa in un bagno di cloruro d'oro mescolato all'acqua.

244. **Immagini positive sul vetro.** — I fotografisti ottengono pure di belle prove positive sul vetro preparando dapprima le lastre come per le negative; e dopo di averle tenute esposte per pochi secondi all'azione della luce, s'immergono in una soluzione detta *solfato di protossido di ferro.* Al contatto di essa l'immagine subito apparisce, ma però è negativa. Allora per renderla positiva, s'immerge la lastra in un vaso pieno d'acqua, onde togliere del solfato di ferro, e poi vi si versa sopra un'altra soluzione detta *cianuro di potassio.* L'immagine allora si spoglia delle parti annerite e diventa positiva. Lavata finalmente con acqua chiara e lasciatala asciugare, si pone in cornice difendendola con altro cristallo che le si mette sopra; ma l'immagine però si guarda dalla parte opposta a quella ove n'è l'impressione.

245. **Megascopio.** — La parola *Megascopio* significa *osservatore di cose grandi;* l'opposto di microscopio che vuol dire osservatore di cose piccole. Il megascopio dunque è esso pure uno strumento d'ottica, e si adopra per ottenere ridotte o ingrandite le figure di un quadro o di un basso rilievo. Consiste esso in una lente, dinanzi alla quale si colloca l'oggetto al di là del suo foco, ed in un diaframma, perlopiù di vetro spulito, sul quale vien ricevuta l'immagine. Specchi piani, convenientemente disposti, proiettano la luce del

sole sull' oggetto. Ponendosi dietro al diaframma, si vede distintamente l' immagine, e, volendo, si può passare con un lapis sopra i suoi contorni; ma perchè venga diritta, è necessario collocarla a rovescio, come si usa fare ancora nella lanterna magica.

246. **Lanterna magica.** — La lanterna magica non è altro che un megascopio portatile, ove oggetti trasparenti sono rischiarati da una luce artificiale riflessa. Questa macchinetta, inventata dal padre Kircher, gesuita tedesco, morto a Roma nel 1680, è molto gradita ai ragazzi, perchè trovano in essa un grazioso divertimento.

Consiste in una scatola di latta S, (fig. 104) entro la quale è collocato un lume nel foco di uno specchio

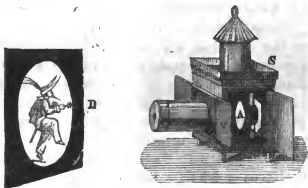



Fig. 104.

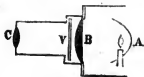



Fig. 105.

concavo A, che vedesi accennato con questa medesima lettera nelle figure 104 e 105. I raggi riflessi da que-

sto specchio sono ricevuti da una lente convergente B (fig. 105) che li concentra sopra diverse figure, dipinte sopra una lastra di vetro V.

Queste figure che vengono così fortemente rischiarate, sono poste davanti ad una seconda lente di convergenza C. In questa posizione la lente produce sopra una tela D, collocata a conveniente distanza un'immagine reale e molto ingrandita degli oggetti dipinti sul vetro, mercè l'azione delle lenti. Ma per veder diritta l'immagine, bisogna collocare nella lanterna il vetro dipinto in modo che i disegni vi sieno rovesciati, perchè mettendoli per l'altro verso, le immagini anderebbero a dipingersi sulla tela bianca o sul muro capovolte.

247. **Fantasmagoria.** — Oltre al megascopio e alla lanterna magica, avvi pure la *fantasmagoria*, strumento che serve esso pure al diletto dei ragazzi. Egli è un megascopio nel quale si fan variare le distanze del diaframma alla lente di convergenza, in modo da far variare la grandezza dell'immagine, che in principio piccolissima, cresce a poco a poco e si fa grandissima; oppure grande in principio, scema poi gradatamente. Quivi l'oggetto trasparente è rischiarato come nella lanterna magica; e tutto l'apparecchio è nascosto agli occhi dello spettatore che sta al buio e dietro al diaframma, formato da una tela bianca, sicchè pargli di vedere un quadro che si accosti o si allontani da lui. L'esperimento è assai divertente e di graziosa illusione.

248. **Lenti a gradinate. Fari.** — L'esperienza ha dimostrato che le lenti di grandi dimensioni sono molto difficili a costruirsi, oltrechè perdono molto della loro trasparenza a motivo della loro grossezza. I fisici

per ovviare a questi inconvenienti, costruiscono le lenti dette *a gradinate*, *o a scalini*, come indica la figura 106. L'onore della loro invenzione è dovuto a Buffon; e sono formate al centro da una lente piano-convessa B, cioè piana da una superfice, moltissimo convessa dall'altra e in modo che la convessità di mano in mano che va crescendo, diminuisce l'estensione della superfice P, come succederebbe se ponessimo tanti dischi di legno uno sopra all'altro, ma in modo che andassero sempre diminuendo di diametro. E come questi dischi ne formerebbero un solo e il centro di tutti sarebbe perpendicolare al centro del primo disco, se venissero uno sopra l'altro incollati, così i fochi di tutte le differenti curvature C C che in certo modo formano come altrettante lenti sovrapposte, si formano tutti nel medesimo punto S; ed il complesso di questi anelli forma colla lente centrale una lente unica. Con queste si raccoglie tanto calorico, e si produce così alta temperatura, esponendole al sole, che l'oro ed il platino messi al loro foco, rapidamente si fondono. L'appresso figura 106 offre una qualche idea di queste lenti.

Fig. 106.

Utile è l'uso che fassene nelle lanterne, comunemente adoperate per rischiarare il buio della notte camminando per la campagna. Ma l'applicazione più utile che si fa ora di cotali lenti è ai *fari*.

Chiamansi *fari* certe fiamme che si mantengono ac-

cese nella notte sulle coste dei mari, per servir di guida ai nocchieri.

La fiamma è prodotta da una lampada a 3 o 4 lucignoli, e da tanta luce quanta ne darebbero circa 45 lampade Carcel; così chiamati quei lumi che sono attualmente in uso presso molte famiglie, e che si caricano a quando a quando, mentre ardono, come si farebbe di un orologio a pendolo, onde il lucignolo, o *calza* sia sempre fornito d'olio.

I lucignoli accesi, essendo collocati al foco di queste lenti, come dicevamo, formano una luce così viva, che si scorge fino ad una distanza anche maggiore di 40 miglia. E acciocchè tutti i punti dell'orizzonte sieno successivamente rischiarati da uno stesso faro, la lente per mezzo di un meccanismo d'orologeria si muove attorno alla lampada e fa le sue rotazioni in un dato tempo. Onde risulta che pei diversi punti dell'orizzonte avvi successivamente, e ad intervalli di tempo eguali, apparizione ed ecclissamento di luce. Questo apparire e sparir della luce serve d'indizio ai marinai, sicchè non sono tratti in inganno da lumi e da fuochi accidentali che sieno sulle spiagge marittime; e possono evitare il pericolo di naufragar fra gli scogli, dei quali sono cinte ordinariamente le coste. Il numero delle ecclissi che si produce in un tempo determinato indica la spiaggia che si trova alla lor vista, e il punto ove si apre il porto a rifugio delle navi, poichè i fari sono sempre posti all'imboccatura dei porti e in vetta ad altissime torri onde la luce sia veduta da maggior distanza sul mare.

Ora verremo a parlare dell'occhio.

249. L'occhio. — L'occhio, miei cari giovanetti, è lo strumento ottico più perfetto che possa immaginarsi; e le maraviglie che vi si scoprono debbono far-

ci ammirare la potenza infinita del divino Fattore. Una grossolana imitazione di quest'organo maraviglioso noi possiamo scorgerla nella camera oscura; perchè l'ufficio che hanno in questa le lenti, in quello lo fanno le sostanze trasparenti di cui si compone; in quella una tela o un cristallo smerigliato fanno da diaframma, sul quale va a dipingersi l'immagine degli oggetti; nell'occhio fa da diaframma una membrana, ossia pellicola sottilissima, cui dassi il nome di *retina*. Questa è destinata a ricevere l'impressione della luce, e con essa l'immagine degli oggetti che si presentano all'occhio.

Egli è chiamato l'organo della *visione*, fenomeno pel quale la luce emessa e riflessa dai corpi fa nascere in noi la sensazione che ci avverte della loro presenza. È situato in una cavità ossea chiamata orbita, ed è munito di muscoli e di nervi che lo ritengono dentro all'orbita e che servono a muoverlo. Il suo volume è formato dall'unione di umori e di membrane mirabilmente disposte, ed è presso a poco il medesimo in tutti gl'individui; e se in alcuni apparisce più voluminoso e in altri meno, deriva più che altro dalla maggiore o minore apertura delle palpebre. Tutto è sorprendente nella formazione e organizzazione del nostro corpo; ma quand'anche ciò non fosse, i soli occhi, considerati nella loro struttura, nella disposizione, ed armonia di tutte le sostanze che concorrono a formarli, e negli effetti che pel nostro unico bene ce ne derivano, basterebbero per ispirarci la più grande riconoscenza alla mente suprema che li creò. Intorno alla teoria sulla visione molto hanno meditato i dotti, e varie ne sono le opinioni; ma che che ne sia, certo si è che quando i due occhi si fissano sopra un medesimo oggetto, se ne forma un'immagine sopra cia-

scuna retina, e tuttavia noi vediamo un solo oggetto; ma lo vediamo assai più chiaro che con un occhio solo. Anzi coi due occhi soltanto noi possiamo avere una percezione ben distinta del rilievo dei corpi, cioè delle loro tre dimensioni; poichè guardando un medesimo oggetto a poca distanza coi due occhi, succede che la prospettiva cangia per ciascun occhio, e che le due immagini di esso vedute successivamente prima da un occhio e poi dall'altro, sono sensibilmente ineguali. Infatti mettiamoci davanti a una statua, guardiamola prima coll'occhio sinistro, tenendo chiuso il destro, noi avremo di essa una prospettiva diversa da quella che ne avremo guardandola poi coll'occhio destro e tenendo chiuso il sinistro. Ora dunque dalla percezione simultanea di queste due immagini sembra risultare la percezione del rilievo, come chiaramente lo dimostra un moderno e semplice strumento d'ottica, al quale si è dato il nome di stereoscopio, che vorrebbe dire *osservatore della solidità*, perchè con esso si vedono i disegni in rilievo, come se fossero oggetti solidi.

250. **Stereoscopio.** — Lo *stereoscopio*, immaginato da Weathstone è un ingegnoso e semplice apparato che serve a render sensibile l'effetto della visione coi due occhi pel rilievo dei corpi. Modificato da Brewster, consiste in una scatola di legno A A (fig. 107) la cui parete superiore tiene incassate due lenti di convergenza D D, una presso l'altra e disposte orizzontalmente. Nella parte inferiore è praticata una incanalatura, per la quale

Fig. 107.

s' introduce il doppio disegno B di un medesimo oggetto, il qual doppio disegno può esser veduto da ciascun occhio isolatamente attraverso le lenti, venendo rischiarato dalla luce che penetra per l' apertura F. Questi disegni, come abbiamo detto, rappresentano il medesimo oggetto, ma con prospettiva differente, e che è precisamente quella che corrisponde alla differenza che passa nel guardare un medesimo oggetto da piccola distanza ora con un occhio e poi coll' altro senza muovere la posizione nè del capo nè dell' oggetto.

Lo stereoscopio dunque fa sì che guardando attraverso le due lenti, ciascun occhio riceve la medesima impressione, come se guardasse realmente l' oggetto, e ne risulta una percezione così distinta e viva del rilievo, da far credere le figure altrettante statuette; sicchè l' illusione è completa e veramente sorprendente.

I disegni per esser veduti collo stereoscopio sono appositamente preparati dai fotografisti, i quali ne fanno da qualche tempo un utile commercio, perchè tanto essi quanto lo strumento potendo averli con modica spesa, sono per le mani di molti e formano un dilettevole trattenimento.

Passeremo ora a parlare di certi organismi difettosi che hanno gli occhi di alcuni uomini, e pei quali sono obbligati a servirsi degli occhiali che sono essi pure uno strumento di ottica di una grande utilità. A questi difettosi organismi noi diamo il nome di *miopismo* e di *presbitismo*. Dirò del miopismo.

251. Miopia. — La *miopia* dunque è un organismo difettoso negli occhi, per cui rifrangendosi troppo fortemente la luce, non possono distinguersi gli oggetti che quando sono vicinissimi all' occhio. La causa ordinaria

della miopia è una soverchia convessità del globo dell'occhio, per la quale egli si fa troppo convergente. Di fatti osservate gli occhi dei miopi, voi li vedrete più convessi e più sporgenti in fuori dall'orbita, che non sono gli altri. Per la qual cosa i miopi se vogliono veder bene gli oggetti e leggere in un libro, sono obbligati ad avvicinarseli molto agli occhi, onde i raggi luminosi che si riflettono dagli oggetti, percorrendo un brevissimo spazio per arrivare agli occhi, divergono assai più e correggono la troppa convergenza che riceverebbero dagli occhi se vi arrivassero da maggior distanza. E dall'essere appunto obbligati i miopi a guardar le cose da vicino per vederle bene, sono comunemente detti di *vista corta*; perchè le cose che guardano da lontano, le vedono confusamente, nè è loro possibile di scorgerne le parti distintamente, se non hanno il soccorso di occhiali con lenti leggermente concave, le quali aumentando la divergenza dei raggi che riceve l'occhio, ne rimediano il difetto.

I miopi sembra che abbiano in affezione i piccoli più che i grandi oggetti. Infatti la maggior parte di loro scrive con carattere assai piccolo, e preferiscono di leggere opere stampate in caratteri piccoli, perchè scorrendo gli occhi sopra dimensioni adattate alla piccola portata della loro vista, si procurano il modo di abbracciare con un'occhiata maggior numero di oggetti. Se alcuno di voi, miei cari, sarà miope, avrà ancora l'abitudine di socchiudere le palpebre, quando vorrà vedere distintamente oggetti troppo lontani per la sua vista; e da questo movimento naturale egli trae due vantaggi. In primo luogo col ristringer le palpebre, fa entrare nell'occhio una minor quantità di luce, onde concepisce l'immagine dell'oggetto meno

confusamente; e in secondo luogo le palpebre chiudendosi, premono alquanto l'occhio e ne scemano la convessità, riducendola in parte alla forma più favorevole ad una vista distinta.

252. **Presbitismo.** — Il *presbitismo* è il difetto contrario della miopia. In quest' affezione l'occhio vede benissimo gli oggetti lontani, ma non distingue chiaramente gli oggetti vicini. Se il difetto della miopia è prodotto dalla troppa convessità dell' occhio, quello del presbitismo al contrario deriva dalla poca convergenza dell' occhio, per cui l' immagine degli oggetti vicini vi arriva indistinta e confusa; e per questo si dice che i presbiti sono di *vista lunga.* Infatti per leggere distintamente, essi tengono il libro più lontano del solito dai loro occhi, e allora i raggi vi arrivano con minor divergenza. A questo difetto vanno soggetti non pochi vecchi, e quando esso aumenta coll' età, nè più giova loro la risorsa di slontanarsi gli oggetti dagli occhi, suppliscono con lenti leggermente convesse; le quali diminuendo la divergenza dei raggi, questi giungono all' occhio, come se partissero da un punto più lontano.

253. **Diplopia.** — Ma non sono questi soli i difetti che s' incontrano negli occhi degli uomini. Avvi di quelli che vedono gli oggetti doppi, ossia vedono due oggetti invece d' uno. Nei loro occhi le due immagini si sovrappongono quasi interamente, e l' una di esse è più appariscente dell' altra. A questa affezione dassi il nome speciale di *diplopia*, la quale credesi che possa provenire dall' ineguaglianza dei due occhi, quantunque sia in alcuni in un occhio soltanto, cioè vedano gli oggetti doppi con un occhio sì e coll' altro no.

254. **Acromatopsia.** — Avvi una terza affezio-

ne alla quale dassi il nome di *acromatopsia*. Per questa alcuni uomini sono incapaci di giudicare i colori, o almeno certi colori. Difatto in taluni questa insensibilità alla percezione dei colori è completa, cioè non ne distinguono alcuno. Si porta in esempio un calzolaio inglese, il quale non distingueva che il bianco ed il nero. Altri distinguono alcuni colori soltanto, e vedono le cose tutte di quei soli colori che i loro occhi sono capaci a distinguere. Narrasi che un sarto scozzese non potesse distinguere che il bianco, il giallo ed il bigio; e che un giorno senza accorgersene cucisse ad un paio di calzoni di seta nera una toppa di seta di colore scarlatto. Raccontasi pure che un uomo affetto d'acromatopsia aveva dipinto nella propria casa al di sopra di una porta un paesaggio, in cui il terreno, gli alberi, le case e le figure erano tutte turchine. Interrogato perchè non avesse dato a quelli oggetti il respettivo colore, rispose che aveva voluto dare al suo disegno un colore simile a quello della sua tappezzeria, ch'era rossa.

255. **Strabismo.** — Un altro difetto ancora noi vediamo essere, miei cari, negli occhi di alcuni, ed al quale dassi il nome di *strabismo*. Consiste questo nel volgere un occhio diversamente dal modo in cui si volge l'altro, mentre ambedue sono diretti a guardare un medesimo oggetto. Succede che l'occhio buono guarda direttamente l'oggetto, e l'occhio non buono, ossia losco, si volge in modo che pare voltato altrove e non alla medesima cosa. Ciò non apparisce quando la persona adopra il solo occhio losco, perchè questo allora dirigesi esattamente all'oggetto, il che non può fare dirigendoveli ambedue insieme, per la difettosa conformazione di uno. Quelli che hanno da natura cotal di-

fetto sono volgarmente chiamati guerci, ai quali è atto villano e privo di carità cristiana ricordare il difetto onde sono afflitti, chiamandoli *guerci*.

Ecco, miei cari, quanto era necessario che voi sapeste intorno alla luce. In quest' altro trattenimento dirémo qualche cosa delle meteore luminose.

TRATTENIMENTO XXII.

DELLE METEORE LUMINOSE.

SOMMARIO

Arcobaleno. — Iride lunare. — Aurora boreale. — Luce zodiacale. — Aloni o Corone. — Pareli e Paraselene. — Stelle cadenti.

Prima di lasciar di parlare della luce, voglio che conosciamo, miei cari, le cause onde nascono le meteore luminose, che formano la maraviglia degli uomini. Tali sono l' *Arcobaleno*, l' *Iride lunare*, l' *Aurora boreale*, la *Luce zodiacale*, gli *Aloni* o *Corone*, il *Parelio*, la *Paraselena*, e le *Stelle cadenti*. Dirò dell' arcobaleno.

256. **Arcobaleno.** — Delle meteore luminose l' *arcobaleno* o *iride*, se non fosse così frequente com' è, attirerebbe forse più che ogni altro la nostra attenzione, siccome quello che formò in ogni tempo la maraviglia degli uomini. Gli antichi ne ignorarono tuttavia le vere cause, nè prima degli ultimi secoli sembra che questa meteora sia stata bene esaminata, o almeno spiegata in maniera soddisfacente.

Gli antichi romani consideravano l'arcobaleno come un sifone, per il quale l' acqua della pioggia risalisse

dalla terra alle nuvole, per poi ricader sulla terra; ed i loro poeti conservandone quest' idea, ne traevano preziose similitudini, e perpetuavano così il pregiudizio popolare. E siccome apparisce generalmente dopo la pioggia, e pare che ne annunzi la fine, così tutti i popoli dell' antichità lo considerarono come un segno di pace tra il cielo e la terra. Ma comunque sieno le opinioni popolari rispetto a questa meteora, noi l' esamineremo in se stessa, e ne considereremo la natura.

L' arcobaleno dunque apparisce nelle nubi opposte al sole quando si disciolgono in pioggia. È formato di sette archi concentrici, che presentano successivamente i sette colori dello spettro solare. Talvolta si osserva un solo arcobaleno, ma più spesso se ne vedono due, come indica la figura 108 nei due archi C e B; cioè uno interno di colori più vivi, l' altro esterno più pallido, e nel quale i colori sono disposti in ordine inverso. Nell' arco interno il colore più elevato è il rosso, nell' altro è il violetto. La teoria colla quale si spiega

Fig. 108.

questo fenomeno indica che ve ne possono essere anche più di questi archi, ma i colori sono così deboli che sfuggono alla vista.

La scienza ha dunque riconosciuto che questo fenomeno è prodotto dalla decomposizione che subisce la luce bianca del sole quando penetra nelle gocce di pioggia, e dalla sua riflessione sulla loro faccia interna. Questo medesimo fenomeno si osserva infatti anche nelle gocce di rugiada, nell' acqua di una fontana che cada dall' alto, nella cascata di un fiume, insomma ogniqualvolta la luce solare penetra nelle gocce d' acqua con una certa direzione. E per questo l' apparizione dell' arcobaleno e la sua estensione dipendono dalla posizione dell' osservatore, che dev' essere fra il sole raggiante e le molecole di pioggia sulle quali va a formarsi il fenomeno, e dall' altezza del sole sull' orizzonte; perchè se alla formazione dell' arcobaleno non fossero necessarie queste condizioni, noi lo avremmo tutte le volte che abbiamo la pioggia. E ciò non è, perchè non sempre vi concorrono le condizioni necessarie alla sua formazione. L' esperimento adunque del prisma triangolare dimostra pienamente l' operazione che si manifesta nel fenomeno dell' arcobaleno, ove le gocce minute della pioggia fanno l' ufficio precisamente del prisma di cristallo, per mezzo del quale si decompone la luce bianca del sole nei sette colori che la compongono; i quali vi ricorderete che sono il rosso, l' arancione, il giallo, il verde, il turchino, l' azzurro e il violetto.

Abbiamo detto che questi sette colori si vedono pure nelle gocce di rugiada, nell' acqua di una fontana che cada dall' alto e veduta da un certo punto allorchè vi vadano a colpire i raggi del sole; come pure si vedono nella cascata di un fiume. Infatti il Tevere che a Terni forma, come saprete, una cascata, perchè si precipita perpendicolarmente da una montagna

e va a cadere sopra a delle rocce sulle quali l'acqua si frange con gran fracasso, si eleva continuamente dal fondo di quelle rocce l'acqua divisa in molecole, così minute, che formano per così dire una polvere d'acqua. Ora questa spece di nebbia guardata dal lato opposto della cascata, produce un effetto maraviglioso; poiché ricevendo i raggi del sole, questi vi si decompongono, e vi producono tanti archi di sette colori che s'incrociano, vi cangiano posizione, e s'alzano o s'abbassano relativamente alla forza e alla direzione dei venti. Anzi quando vi spira vento di mezzogiorno, questo raguna quella spece di nebbia, la tiene immobile sui fianchi della montagna, e allora il sole vi forma un solo arcobaleno ma così grande che corona tutta la cascata e i luoghi all'intorno. I suoi vivi colori benissimo si distinguono da qualche distanza; ma osservati da vicino, si confondono, e penetrando nel luogo medesimo ov'è il grand'arco, ci vediamo coperti di una luce viva e brillante, ma bianca e non decomposta. Quivi dunque la montagna dalla quale si precipita l'acqua, serve in certo modo da appoggio alla nuvola di molecole acquee, nelle quali si rifrangono i raggi del sole; il che rende il fenomeno anco più bello e più mirabile.

Lo stesso succede nel Canadà, ove il fiume San Lorenzo si precipita da una grande altezza e forma una bellissima cascata, per modo che l'acqua sminuzzata in piccolissime molecole, si rialza e forma una nebbia così fitta, che si scorge da gran distanza, e sulla quale il sole dipinge sempre, come a Terni, un arcobaleno dei più vivi colori.

257. **Iride lunare.** — Talvolta è avvenuto di osservare un arco baleno prodotto dalla luna; al quale

perciò si è dato il nome d' *iride lunare.* La formazione dell'iride lunare, o arcobaleno lunare, è analoga, miei cari, a quella dell'arcobaleno prodotto dalla luce solare. Questo fenomeno però non si osserva che in tempo di luna piena; e succede quando piove nella parte del cielo opposta a quella ove si trovi la luna nel suo pieno splendore. Imperocchè i raggi luminosi ch'ella proietta sulle nuvole, in queste si rinfrangono, e producono così un arcobaleno; ma di colori così deboli e pallidi, da non essere non solo paragonabili all'arcobaleno solare, ma da formare un arco di luce bianca presso che simile a quella della via lattea. È in tal modo chiamata quella fascia luminosa che vediamo nel cielo a notte serena, e che lo divide in due parti presso che eguali. Gli astronomi credono generalmente che sia formata da una quantità innumerevole di stelle, poste a così immensa distanza dalla terra, che la loro luce arriva pallidissima ai nostri occhi, come quella di un lontano vapore luminoso.

258. **Aurora Boreale.** — Parleremo ora dell'aurora boreale.

Chiamasi *aurora boreale*, o piuttosto *aurora polare*; un fenomeno luminoso assai notevole che spesso apparisce nell'atmosfera ai due poli della terra. Quando il fenomeno si produce al polo boreale, riceve il nome di *aurora boreale;* e quando si produce al polo australe, si chiama *aurora australe.* Quelle boreali sembrano più frequenti delle australi, ma forse perchè il polo boreale essendo più praticabile dell'altro, i viaggiatori hanno avuto occasione di scorgervele più di frequente che non all'altro polo, ove più pericolosa e più disastrosa è la navigazione per mancanza di terra ove fermarsi, e per freddo maggiore.

Questo fenomeno consiste comunemente in uno splendore simile a quello che apparisce in cielo qualche tempo prima che il sole sia per comparire sull' orizzonte. Ecco l' analogia per la quale gli è stato dato il nome di aurora. I fenomeni che presentano le aurore boreali sono diversi; ma tutti pressochè simili a quelli che riferisce il signor Becquerel nel suo trattato di Meteorologia, nel quale si legge la seguente descrizione di un' aurora boreale osservata a Bossekop in Lapponia nell' inverno del 1838 al 1839.

Alla sera fra le 4 e le 8 ore la nebbia, che quasi sempre sta al nord di Bossekop, si colora nella parte superiore. Questo coloramento diviene più regolare, e forma un arco vago di un giallo pallido. Ben presto delle strisce nerastre dividono regolarmente le parti luminose dell' arco. Si formano dei raggi luminosi che si allungano e si raccorciano lentamente o ad un tratto, ed il loro splendore aumenta e diminuisce in un subito. Le parti basse di questi raggi presentano sempre una luce più viva, e formano un arco più o meno regolare. La lunghezza dei raggi è assai varia, ma convengono tutti verso un punto del cielo. Qualche volta i raggi si prolungano in modo da rappresentare una parte di una cupola luminosa.

L' arco continua ad elevarsi, ed allora presenta nel suo splendore un moto ondulatorio. Talvolta un' estremità dell' arco, e tal' altra tutte e due abbandonano l' orizzonte. Allora le pieghe si fanno più pronunziate e più numerose; l' arco non è più che una lunga lista luminosa che si avvolge e si separa in parecchie parti, formando delle curve graziose che si piegano sopra a se stesse, e presentano ciò che si chiama la *corona boreale*, come appunto l' indica l' appresso figu-

ra 109. Lo splendore dei raggi cangiando subitamente d'intensità, eguaglia quello delle stelle; i raggi dardeggiano con rapidità, e le curve B, C, D, E si avvolgono e si svolgono come le spire di un serpente. Dipoi i raggi si colorano, e le curve si fanno rosse alla base, verdi alla metà, e nel rimanente conservano la loro tinta giallo-chiara. Finalmente lo splendore diminuisce, i colori spariscono, il tutto a poco a poco s'indebolisce, oppure si spegne istantaneamente.

Fig. 109.

Dalle relazioni dei viaggiatori noi sappiamo che ai poli le notti senza aurora boreale sono affatto eccezionali, di modo che, può dirsi che ve ne sieno tutte le notti di un'intensità però assai variabile, ma che basta sempre per dileguare le tenebre nelle quali sarebbero altrimenti sepolti per molto tempo dell'anno gli abitanti delle regioni polari. Sono esse visibili a grandi distanze dal polo e sopra un'immensa estensione; e talvolta una sola aurora boreale fu veduta a Mosca, a Varsavia, a Roma ed a Cadice; ch'è quanto dire sopra quasi tutta la larghezza dell'Europa.

L'aurora boreale è un fenomeno che fu osservato dai dotti della più remota antichità; infatti Aristotele, Plinio, Seneca, ed altri sapienti innanzi a questi ne meditarono le cagioni. Ma sopra queste furono molte le ipotesi che si fecero, e i fisici moderni credono di rinvenirle in un fluido che chiamasi elettrico, e del quale noi ci occuperemo tostochè avremo terminato di parlare delle meteore luminose.

259. **Luce zodiacale.** — Il fenomeno detto *luce zodiacale* fu per la prima volta osservato dal celebre astronomo Cassini; e consiste in una luce molto simile nello splendore e nella bianchezza a quella della via lattea; però pende alquanto nel giallo, e presso l'orizzonte si tinge leggermente in rossastro. È detta luce zodiacale, perchè si vede nello zodiaco; così chiamata quella larga fascia che gli astronomi immaginano su nel cielo, posta obliquamente rapporto all'equatore, e in mezzo alla quale si muove la terra ed alcuni pianeti.

La luce zodiacale accompagna sempre il sole, ed è visibile generalmente verso la fine dell'inverno o al cominciare della primavera, ma sempre o al levare o dopo il tramonto del sole. Però il suo splendore è così pallido e così trasparente, che lascia scorgere anco le stelle più lontane. Questo fenomeno, all'opposto dell'aurora boreale, è più visibile ai popoli situati fra i tropici che agli abitanti delle regioni polari.

Cassini ed altri astronomi e fisici avendo osservato che la luce zodiacale accompagna, o succede sempre al sole, ne hanno concluso che provenga da una porzione dell'atmosfera solare, la quale tenendo dietro al sole, venga perciò a prolungarsi verso la terra. Questa

pure è l'opinione più generalmente seguita dagli astronomi moderni.

260. **Aloni o Corone.** — Si chiamano *aloni* o *corone* certi anelli di luce perlopiù di un rosso cupo, che talvolta si vedono intorno al sole di giorno, e intorno alla luna e ad alcune stelle nella notte. Hanno essi non rare volte i colori dell'arcobaleno, ma però non tanto belli nè tanto vivaci; non si vedono mai a cielo sereno, ma solo quando l'atmosfera sia ingombra di vapori che offuschino la sua trasparenza. Ond'è che la comparsa degli aloni e delle corone annunzia perlopiù la vicina pioggia, qualora però un forte vento non dissipi i vapori; scomparendo i quali, se non piove altrimenti, sparisce ancora la vista degli aloni.

La natura di questo fenomeno, e le circostanze che lo accompagnano fanno credere ai fisici che sia prodotto dalla medesima causa, onde nasce l'arcobaleno, cioè da una decomposizione della luce bianca del sole per i vapori acquei che lo circondano.

261. **Pareli e Paraselene.** — Un bellissimo fenomeno luminoso sono pure i *pareli* e le *paraselene.* I pareli sono falsi soli o immagini del sole vero che talvolta si mostrano sull'orizzonte alla medesima altezza del vero sole, e che sono sempre uniti fra loro da un cerchio bianco parallelo all'orizzonte. Questo cerchio segue il moto apparente del sole; e le sue immagini che appariscono sul cerchio dalla medesima parte del sole, presentano i colori dell'arcobaleno; e talvolta il cerchio medesimo è colorito nella parte che è accosto a quelle; mentre le immagini situate dal lato opposto sono sempre senza colore.

I fisici spiegano questo fenomeno con ammettere che le immagini del vero sole vengano riflettute dalle

nubi; come se fossero tanti specchi; e che quante più sieno le piccole nubi che rigettino i raggi solari, e tante più le immagini del sole che si vedono.

Cotali meteore sono rare nelle nostre contrade, ma assai frequenti nelle regioni polari perchè il sole poco vi si eleva sull' orizzonte, e perchè la condizione medesima dell' atmosfera in quei climi è tale che non è neppur raro il vedervi dei pareli continui per alcuni giorni nella breve epoca dell' anno, in cui il sole non tramonta dal loro orizzonte.

Quando poi questo fenomeno ha luogo per la luna, allora si chiama non parelio, ma *paraselene*; la formazione della quale si spiega dai fisici colla medesima teoria del parelio, poichè anco per essa è necessario che l' atmosfera sia carica di vapori, nei quali possa riflettersi l' immagine del disco lunare.

262. **Stelle cadenti.** — Dirò finalmente che si chiamano *stelle cadenti* certi punti luminosi che muovonsi rapidamente nell' atmosfera, come se una vera stella si staccasse dal firmamento e precipitasse sulla terra. Avrete veduto più volte in una bella serata d'estate questo fenomeno, ed avrete pure osservato che quei punti luminosi lasciano dietro di sè una traccia luminosa simile ad un razzo.

Nella spiegazione di questo fenomeno, discorda l' opinione dei fisici; imperocchè alcuni credono che sieno certi globi infiammati che cadono dall' aria, e che s' infiammino nell' atmosfera, ai quali globi essi danno il nome di *aeroliti*, ossia pietre dell' aria; che queste derivino da materie lanciate dai vulcani della luna, o anche dai vulcani terrestri. Secondo altri questi globi si formano nell' atmosfera medesima per l' agglomerazione di più sostanze incendiabili; e secondo

altri finalmente che sieno frammenti di astri spezzati, e che ridotti in frantumi, questi precipitino sulla terra attraversando rapidamente lo spazio che sta fra loro ed il nostro globo.

Qui termina per noi, miei cari giovanetti, lo studio intorno alla luce; non ci rimane ora a parlare che del magnetismo e dell' elettricità, i cui fenomeni, come vedrete, sono maravigliosi e sorprendenti fors' anche più di quelli che abbiamo esaminati nell' aria, nell' acqua, nel calorico e nella luce.

TRATTENIMENTO XXIII.

DEL MAGNETISMO.

SOMMARIO

Magnetismo. Calamita. — Poli della calamita e loro azioni reciproche. — Magnetizzazione per influenza. — Azione della terra sulle calamite. — Bussola comune e bussola marina. — Magnetizzazione di una spranga d' acciaio. — Pietra di calamita e sua armatura.

263. **Magnetismo. Calamita.** — In fisica dicesi *magnetismo* l' unione dei fatti dovuti ad una sostanza cui dassi il nome di *calamita*. La calamita è una combinazione di ferro e di ossigeno, ed ha la proprietà di attrarre il ferro e qualche altro metallo. Delle calamite ve ne ha delle *naturali* e delle *artificiali*. Le naturali dette anco *pietre di calamita* sono composte di ferro, come abbiamo detto, e di ossigeno. Le artificiali sono spranghe o lancette di acciaio, che hanno acquistato le proprietà delle calamite naturali mediante lo strofinamento con una calamita, o con altri mezzi che

in seguito diremo. In generale sono preferibili alle naturali, perchè di queste più potenti; ma sì le une che le altre esercitano la facoltà attraente traverso a tutti i corpi. A questa forza delle calamite si dette il nome di *forza magnetica*, donde viene la parola *magnetismo*.

A proposito di magnetismo, io credo che non sarà inutile avvertire fin da ora che per questa espressione *magnetismo* non devesi intendere il così detto *magnetismo animale*; espressione che è oggimai adottata per significare l' influenza che secondo alcuni può esercitare una persona sopra un' altra mediante l' impero della sua volontà. I così detti magnetizzatori sostengono di esser capaci a rendere insensibile il corpo dei loro magnetizzati, a far loro indovinare, interrogandoli, quello che succede in luogo lontano, ciò che facciano in quell' istante talune persone che non sono presenti all' esperimento; farli parlare con favella che non abbiano mai conosciuto; fare e dire insomma cose che non sarebbero mai capaci nè di dire nè di fare se non fossero magnetizzati. Io non giudicherò intorno alla verità o falsità di tutto ciò che van dicendo di maraviglioso i parteggiatori del magnetismo animale; ma solo dirò che questa influenza non è ancora sufficentemente dimostrata, e che non ne sono ancora dileguati i molti dubbi che mettono in campo coloro che non sono presi da egual fanatismo.

264. **Poli della calamita e loro azioni reciproche.** — Presa una calamita, si ravvisa che non in tutti i suoi punti ha la stessa forza magnetica. E ciò si prova col far rotolare nella limatura di ferro una spranga di ferro magnetizzata A, B (fig. 110), perchè si vede che la limatura aderisce o si attacca in gran quantità alle due parti estreme della spranga me-

desima, in C, D, formando dei filamenti raddrizzati, che vanno diminuendo a grado a grado che si avvicinano al mezzo della spranga in modo che presso ai punti A, B mancano affatto.

Fig. 110.

Ora questi due punti vicini alle due estremità, ove essendo la limatura attirata e ritenuta in maggior quantità, si manifesta l'attrazione massima, si chiamano i *poli* della calamita. Ogni calamita, sia naturale, sia artificiale, presenta due poli; uno dei quali è detto *polo australe*, e l'altro *polo boreale*, denominazioni eguali a quelle dei poli della terra; perchè questi esercitano di fatto un'azione sui respettivi poli delle calamite, e di qualunque ferro calamitato. Ciò si prova coll'appresso esperimento.

Diconsi *aghi magnetici* o *magnetizzati* certe sottili verghe di acciaio che hanno la forma di una lancetta terminante a due punte. Ora dunque se si sospende un piccolo ago magnetico A. B (fig. 111) ad un sottil filo F, e si avvicina al suo polo australe A il polo parimente australe C di un altro ago magnetico, l'ago A B si scosta dal polo australe C dell'ago tenuto in mano. E quindi se avviciniamo invece il polo C al polo boreale B dell'ago sospeso, questo viene a

Fig. 111.

precipitarsi sopra quello che teniamo in mano per effetto di una forte attrazione.

Considerato questo fenomeno, i fisici ne deducono che i poli A e B non sono identici cioè non hanno la medesima natura, nè producono i medesimi effetti; poichè uno di essi è respinto e l'altro attirato dal medesimo polo C dell'ago magnetico che teniamo in mano. Fenomeno che si verifica pure nei due poli di questo, se li presentiamo successivamente al medesimo polo A dell'ago sospeso.

Per la qual cosa viene dai fisici stabilita questa legge sulle azioni reciproche che si esercitano fra due aghi magnetici, ch'è quanto dire fra due calamite; cioè che *i poli dello stesso nome si respingono, ed i poli di nome contrario si attraggono*

Per dare una spiegazione semplice a questo effetto i fisici hanno supposto che due *fluidi magnetici* sieno nell'acciaio di cui si fanno gli aghi, e che ciascuno di questi fluidi agisca per ripulsione sopra se stesso, per attrazione sull'altro; e chiamarono questi fluidi uno *australe*, e l'altro *boreale* dai nomi dei poli delle calamite. Essi ammettono dunque che l'ago prima di esser magnetizzato ritenga i due fluidi intorno alle molecole d'acciaio che lo compongono, ma insieme combinati per modo che reciprocamente si neutralizzano, vale a dire non manifestano alcun fenomeno. Ma se però si espongono all'azione e all'influenza di una forza superiore alla loro reciproca attrazione, allora si separano e si spostano intorno alle molecole dell'acciaio, per modo che il fluido boreale viene ad essere sempre rivolto in una medesima direzione, ed il fluido australe in una direzione opposta. Ma appena che cessa sui fluidi l'influenza della forza superiore, l'equilibrio intorno a

ciascuna molecola dell'acciaio si stabilisce di nuovo, nè più succede attrazione nè ripulsione.

Questa ipotesi dei due fluidi magnetici si presta in un modo semplicissimo alla spiegazione del fenomeno di sopra descritto, e però viene generalmente adottata come mezzo di dimostrazione, che voi pure, miei buoni giovanetti, spero che avrete ben capita. Ma fin da ora vi prevengo che questi fenomeni magnetici sono dai fisici spiegati anche in altra maniera, colla quale meglio collegano, come vedremo a suo luogo, la teoria del magnetismo con un'altra ch'è detta dell'elettricità.

265. **Magnetizzazione per influenza.** — Diconsi *sostanze magnetiche* quelle che vengono attratte dalla calamita; tali sono il ferro, l'acciaio ed un altro metallo cui dassi il nome di nichel. Sopra questo esercitano le calamite la loro azione, perchè contengono i due fluidi magnetici ma però allo stato di neutralizzazione.

Ora dunque se una sostanza magnetica vien messa a contatto con una spranga di ferro calamitata, come indica la figura 112, i due fluidi contenuti in essa so-

Fig. 112.

stanza vengono separati per l'influenza che esercita sopra di lei la spranga, e la sostanza magnetica addiviene, finchè dura il contatto una vera calamita che ha pure i suoi due poli. Ponendo, per es., a contat-

to di uno dei poli della spranga calamitata A B un piccolo cilindro di ferro C, questo verrà sostenuto, ma potrà egli pure alla sua volta sostenerne un secondo D, questo un terzo E, questo un quarto F ec. fino a sette o otto secondo la forza della spranga.

Da questa esperienza risulta dunque che ciascuno di questi cilindretti si è magnetizzato per influenza, ch'è diventato una calamita, ma solamente fino a che dura l'influenza della spranga calamitata; vale a dire finchè questa ritiene il cilindretto C, perchè staccandolo dalla spranga, gli altri cilindretti quasi subito si separano fra loro, nè conservano più alcuna traccia di magnetismo. Onde la separazione dei due fluidi fu in essi momentanea; il che prova eziandio che la calamita niente ha ceduto della sua proprietà ai cilindretti di ferro, perchè in questi non si verifica più alcun fenomeno magnetico appena vengono da lei separati. Questo fenomeno, che chiamasi *magnetizzazione per influenza*, spiega pure la causa per cui si formano i filamenti di limatura di ferro che si attaccano ai poli della calamita, come dimostrammo colla figura 110, ove le particelle in contatto colla calamita agiscono per influenza sulla particella vicina, questa sulla successiva, e così di seguito, ciò che dà origine ai fili allungati della limatura; come dà origine a quella specie di catena che formano i cilindretti di ferro sostenuti dalla spranga.

266. Azione della terra sulle calamite. — Verremo ora a parlare dell'azione che esercita la terra sulle calamite. Se voi sospendete, miei cari, ad un filo un ago magnetizzato come abbiamo veduto nella figura 111, oppure se lo appoggiate sopra un pernio, intorno al quale possa facilmente muoversi, come in-

dica la figura 113, avrete luogo di osservare che l'ago invece di fermarsi in una posizione qualunque, dopo essersi per breve tempo mosso a destra e a sinistra, finisce sempre con arrestarsi in una direzione che è quella dal nord al sud. Si è riconosciuto che ciò avviene per l'azione della terra esercitata sempre e in qualunque punto della sua superficie sulle calamite e sugli aghi calamitati. Ma quest' azione non è attraente, perchè la terra non attira a sè l' ago calamitato come fanno le calamite del ferro, ma ne regola la direzione; obbligando cioè le due punte dell' ago a voltarsi nella direzione dei due poli della terra, e ritenerle ferme in quella posizione finchè una forza maggiore non le obblighi a stare diversamente.

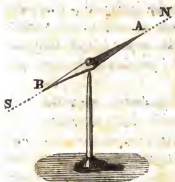



Fig. 113.

Intorno a questo fenomeno sono state fatte analoghe osservazioni sopra a tutti i punti del globo, ed essendosi verificato che dappertutto l'ago calamitato si tiene rivolto ai due poli della terra, si è paragonata la terra ad un' immensa calamita, i cui poli sarebbero vicini ai poli terrestri. E così dietro questa ipotesi venne denominato fluido boreale quello che predomina al polo boreale del globo, e fluido australe quello che predomina al polo opposto. In questa supposizione la terra agendo sugli aghi come una calamita, i poli dello stesso nome si respingono, e quelli di nome contrario si attraggono. Per conseguenza quando un ago magnetizzato si ferma nella direzione da nord a sud,

il polo rivolto verso il nord, che nell' appresso figura è indicato da A, contiene il fluido australe, e quello rivolto verso il sud, indicato da B, contiene il fluido boreale; perciò il polo A dell' ago che guarda il nord chiamasi polo australe, ed anche polo sud, e quello che guarda il sud, polo boreale ed anche polo nord. La direzione dei due poli della terra è qui indicata dalle linee punteggiate N e S, iniziali delle due parole Nord e Sud.

267. **Bussola comune e bussola marina.** — L' azione della terra, ch' abbiamo detto chiamarsi direttrice, sull' ago magnetico, ricevette un' utilissima applicazione nella *bussola*; così chiamato uno strumento contenente un ago calamitato posato orizzontalmente sopra un pernio, e che serve a indicare la posizione dei punti cardinali. L' appresso figura 114 dà un' idea delle bussole più comuni, e che possono provvedersi con tenuissima spesa. Consistono esse in una piccola scatola entro cui si muove sopra un pernio l' ago calamitato. In fondo alla scatola è una raggiera che indica la direzione dei venti. I quattro principali sono *Nord*, *Sud*, *Est*, *Ovest*; i quattro secondari o intermedi sono *Nord-Est*, *Nord-Ovest*, *Sud-Est*, *Sud-Ovest*; gl' intermediari a questi sono *Nord-Nord-Est*, *Est-Nord-Est*, *Est-Sud-Est*, *Sud-Sud-Est*, *Sud-Sud-Ovest*, *Ovest-Sud-Ovest*, *Ovest-Nord-Ovest*, *Nord-Nord-Ovest*. Oltre a questi ve ne sono ancora altri 16, e formano così la

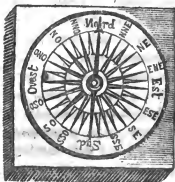



Fig. 114.

rosa dei venti ch' è divisa in 32 *rombi*. I 16 rombi qui sopra denominati sono nella fig. 115 indicati da sole lettere iniziali.

L' invenzione di questo semplice strumento si attribuisce generalmente a Flavio Gioia di Amalfi nel regno di Napoli verso l' anno 1300. Utile ne è l' uso per viaggiare in luoghi sconosciuti e disabitati, perchè con esso noi possiamo volgere i nostri passi ad una direzione senza pericolo di smarrirci.

Ma l' applicazione più importante che da moltissimi anni se ne fa, è alla navigazione, perchè mediante le sue indicazioni possono i naviganti e di giorno e di notte dirigere la loro nave alle coste ed ai porti che vogliono, senza pericolo di smarrirsi sulle sterminate superficie dei mari. La bussola adoperata nella navigazione è chiamata *bussola marina*, la quale non differisce dalla comune che per alcuni accessori onde renderla atta all' uso in una nave, che mai ferma si sta sull' istabile elemento. L' appresso figura 115 vi dà un' idea del come sia costruito questo apparato.

Essa ve lo rappresenta chiuso alla superfice C C di una scatola di legno B B, che si colloca essa pure in una cassa più grande chiamata *abitacolo*, e che sta fissata sul ponte alla parte posteriore, ossia a poppa della nave. L' ago mobilissimo sopra un pernio è fissato alla superficie inferiore di una foglia di talco sulla quale è segnata una stella o *rosa* D D a 32 raggi, che segna gli otto rombi dei venti, i semi rombi ed i quarti. Affinchè la bussola possa conservare sempre la sua posizione orizzontale in tutte le ondulazioni che fa la nave, vien sostenuta da due anelli di ferro concentrici che si muovono ciascuno per proprio conto, cioè quando la bussola secondo l' inclinazione che prende

là nave, viene ad aggravarsi o sopra l'uno o sopra l'altro. Nel punto A della scatola è un' apertura chiusa da una lastra di vetro smerigliato che serve a rischiarare la bussola durante la notte, mediante un lume che stando collocato fuori della cassa davanti alla lastra di vetro, proietta la sua luce nell' interno. Questa passa attraverso una lastra di vetro ch' è in fondo alla scatola cilindrica S S ove trovasi l' ago ed il talco, il quale essendo trasparente si lascia attraversare dalla luce, e così la sua superficie, che tiene disegnata la rosa dei venti, si fa nella notte benissimo visibile al pilota o timoniere. Finalmente una seconda lastra di vetro ricopre la superficie esterna di questa scatola cilindrica S S nella quale sta custodito tutto il meccanismo che forma la bussola propriamente.

Fig. 115.

Per dirigere dunque la nave mediante la bussola, il timoniere osserva prima sopra una carta marina secondo qual rombo di vento debba esser diretta, e siccome l' ago magnetico indica sempre i due poli della terra, così egli se deve dirigersi a un porto che sia, per es., a sud-est, tien sempre la prua della nave, mediante il timone, in direzione al raggio sud-est della bussola; e senza pericolo di sbagliare, la nave solcherà la superficie dell' oceano diritta diritta al porto ove dovranno gettarsi le ancore. Non del pari potevano fare gli antichi navigatori che non conoscevano la

bussola, nè avevano altra guida che il sole e la stella polare; perciò eran costretti a navigare sempre in vista delle spiagge, e col pericolo di smarrirsi quando il cielo era coperto di nubi.

Ora passeremo a dire come si fa per magnetizzare una spranga d'acciaio, e farne una calamita.

268. **Magnetizzazione di una spranga d'acciaio.** — Per magnetizzare una spranga d'acciaio e convertirla in calamita si usano vari metodi, ma il più semplice è quello di fare scorrere il polo di una forte calamita da un capo all'altro della spranga che vogliamo magnetizzare, e di ripetere parecchie volte lo strofinamento ma sempre nello stesso senso, come facciamo per setolinare un abito di panno. Queste sono dette *calamite artificiali*, le più potenti delle quali si ottengono col mezzo dell'elettricità, come a suo luogo diremo.

Si formano calamite artificiali disponendo insieme parallelamente cinque e più lamine d'acciaio separatamente magnetizzate e coi poli dello stesso nome rivolti verso un'estremità. All'insieme di queste spranghe magnetizzate si dà il nome di *fascio magnetico*. A questo si dà talvolta la forma di ferro di cavallo, tal'altra di una spranga allungata, come indicano le figure 116 e 117. Il fascio magnetico rappresentato dalla figura 116, è composto di cinque lamine d'acciaio L sovrapposte, unite strettamente insieme per mezzo di viti e piegate a guisa di un ferro di cavallo; e quello della figura 117 risulta da 12 lamine D disposte in tre strati di quattro lamine ciascuno congiunti insieme per mezzo di ghiere C C. Generalmente si preferisce la forma di ferro di cavallo, quando si vuole che la calamita sostenga un peso M (fig. 116), perchè quivi sono mes-

si in azione e utilizzati i due poli A B. Questi attirano e ritengono una sbarra di ferro S che nella sua parte inferiore termina in un gancio, al quale si attaccano i pesi che la calamita può sostenere. Alla sbarra di ferro dassi il nome di *àncora*; la quale diciamo che *morde* allorchè sostiene il peso che le si è dato, cui possiamo rendere viepiù maggiore, accrescendolo di giorno in giorno e a poco a poco, il che dicesi *nutrire la calamita.*

Fig. 116.

Fig. 117.

269. **Pietra di calamita e sua armatura.** — Esiste in natura e trovasi sotto terra un minerale noto sotto il nome di *pietra di calamita*, o di *calamita naturale.* È dessa una miniera di ferro che ha la proprietà di attrarre le particelle dello stesso metallo poste in sua vicinanza. Secondo Plinio, celebre naturalista dei tempi antichi, la pietra di calamita fu scoperta da un pastore, che caminando sopra una rupe, sentì attaccarvisi i chiodi delle scarpe e il ferro del suo bastone. Altri poi dicono che avendo egli piantato in terra la punta ferrata del suo bastone, sentisse resistenza nel ritirarlo, e che curioso di conoscere la cagione di ciò, scavasse intorno al bastone e trovasse attaccata la sua punta ad una grossa calamita.

Gli antichi che conoscevano in essa questa proprietà, dettero a tal miniera il nome di *magnes*, derivato da Magnesia, contrada della Lidia, ove si trova in grande abbondanza; donde fu detta *magnetica* la forza attraente che la calamita esercita sul ferro. Attualmente le migliori miniere di calamita sono nella nostra isola dell' Elba, in Siberia ed in Svezia.

L' appresso figura 118 rappresenta una calamita naturale colla sua *armatura*, così chiamato l' insieme di alcuni pezzi di ferro che si pongono a contatto coi poli A B per conservarne ed anche aumentarne la potenza magnetica. Queste due lamine di ferro che fasciano, come abbiamo detto, i due poli, terminano in un piede massiccio C D, parimente di ferro, il quale pure essendo magnetizzato per influenza, attira e ritiene l' àncora di ferro F al cui gancio G si sospende il peso che vogliamo farle sostenere, tenendo la calamita appesa per la campanella. Questa campanella, come la fasciatura M N e O P sono di ottone, e disposte in modo che strettamente ritengono la calamita.

Fig. 118.

Senza armatura le calamite naturali sono assai deboli, ma armate, diventano capaci di portare dei pesi che si possono aumentare progressivamente, come abbiamo detto, fino a un certo limite che non si può oltrepassare, perchè limitata è pure in esse, come nelle artificiali, la forza magnetica.

Fin qui del magnetismo; nel prossimo trattenimento ci faremo a parlare dell' elettricità.

TRATTENIMENTO XXIV.

DELL'ELETTRICITÀ.

SOMMARIO

Elettricità e ipotesi sulla sua natura. — Elettricità statica ed elettricità dinamica. — Elettricità per lo strofinamento. — Corpi conduttori e non conduttori dell'elettricità. — Distinzione di due specie di elettricità. — Teorie diverse di Symmer e di Franklin.

Eccoci a parlare, miei cari giovanetti, dell'elettricità, potentissimo agente fisico, dal quale derivano tali e tanti fenomeni che destano le maraviglie anco negli uomini avvezzi a contemplare i portenti della natura. È questa la parte forse più bella della Fisica; ond'io spero che mi saprete buon grado se, dilettandovi, riuscirò a farvela comprendere in modo che ne possiate render conto a voi medesimi ed agli altri.

270. **Elettricità e ipotesi sulla sua natura.** — Sulle coste della nostra Sicilia, sulle rive del mar Baltico e in qualche altro punto ancora della terra si trova una sostanza che vi è rigettata dai flutti commossi dalle burrasche e dal flusso e riflusso. Questa è chiamata *succino* e più comunemente *ambra gialla.*

Sopra questa sostanza venne per la prima volta osservata la proprietà di sviluppare, strofinandola, ciò che chiamasi *elettricità*, parola che deriva da un vocabolo greco, che in italiano significa appunto *succino* o *ambra gialla.* Il fenomeno dunque che si manifesta per

lo strofinamento dell' ambra gialla consiste nell' attrarre piccoli pezzetti di foglio, di paglia, segatura di legno; tabacco da naso, e qualunque altro corpo leggiero al quale venga avvicinato un pezzo d' ambra subito dopo averla strofinata con un panno di lana o altro simile. Talete, antico filosofo che ha vissuto circa 600 anni avanti l' era cristiana, ravvisò nell' ambra questa proprietà. Dopo di lui il naturalista Plinio ed alcun altro ne ripeterono l' esperienza; ma le cognizioni degli antichi sull' elettricità si limitavano a questa sola; nè prima della fine del secolo XVI, e per opera di Gilbert, medico della regina Elisabetta a Londra, si ripresero le idee intorno a questo agente fisico, sul quale si sono dipoi fatti tali e tanti studii ed applicazioni così utili, che i dotti medesimi ne sono maravigliati.

Essi dicono dunque che l' *elettricità* è un agente fisico potentissimo, la di cui presenza si manifesta mediante attrazioni e ripulsioni, mediante apparenze luminose, per mezzo di violenti scosse e di tanti e tanti fenomeni che impossibile sarebbe l' enumerarli tutti. Le cause poi che sviluppano questo agente fisico o elettricità, sono lo strofinamento, la pressione, il calore, il magnetismo, le azioni chimiche e la stessa elettricità. Ma quantunque si sia scritto molto e da tanti sopra a questo soggetto, pure non se ne conosce ancora nè l' origine nè la natura; ed i fisici si rimangono sempre nelle ipotesi, come rispetto al calorico, alla luce ed al magnetismo. Or ora parleremo di queste ipotesi; intanto vi farò conoscere la distinzione che in due grandi parti suol farsi dell' elettricità.

271. **Elettricità statica ed elettricità dinamica.** — I fisici moderni per meglio coordinare lo stu-

dio dell'elettricità, lo dividono in due grandi parti. Nella prima comprendono i fenomeni che presenta l'elettricità allo stato di quiete, e questa l'hanno chiamata *elettricità statica*, ossia che sta ferma. Nell'altra poi comprendono i fenomeni che ella presenta allo stato di movimento, ed a questa hanno dato il nome di *elettricità dinamica*, o che si muove. L'elettricità statica, essi dicono, ha per causa principale lo strofinamento, ed allora si accumula sulla superficie dei corpi, e vi si mantiene in equilibrio ad uno stato che non le è naturale, e che chiamano di *tensione*, il quale si manifesta per mezzo di attrazioni e di scintille, come fra poco vedremo. Allo stato dinamico l'elettricità risulta in special modo da azioni chimiche, ed attraversa i corpi sotto forma di *corrente* con una velocità paragonabile a quella della luce.

Ci faremo a parlare dell'elettricità statica, considerando più particolarmente quella che si sviluppa per mezzo dello strofinamento; e diremo fin da ora, che un corpo è *elettrizzato* allorchè possiede la proprietà di attrarre i corpi leggieri, e di produrre effetti luminosi.

272. **Elettricità per lo strofinamento.** — L'esperienza ha fatto conoscere che non dalla sola ambra gialla si sviluppa l'elettricità strofinandola con un pezzo di panno o con una pelle di gatto, ma la medesima proprietà di attrarre i corpi leggieri si osserva pure nella ceralacca da sigillar lettere, nella gutta perca, nello zolfo, nel vetro, nella seta ed in molte altre sostanze ancora.

I professori di fisica sperimentale allorchè danno lezione, sogliono dimostrare l'elettrizzazione di questi corpi per lo strofinamento con avvicinarli ad una piccola palla A di midollo di sambuco (fig. 119), che pende

Fig. 119.

da un filo di seta B attaccato ad un sostegno d'ottone C, fissato ad un cilindro di vetro D, e questo confitto in un piede di legno E. A questo semplice apparato dassi il nome di *pendolo elettrico;* col quale si vede che accostando un corpo elettrizzato G alla pallina di sambuco, questa viene subito attratta, e quindi respinta appena che sia stata a contatto del corpo elettrizzato.

273. **Corpi conduttori e non conduttori dell'elettricità.** — Le esperienze col pendolo elettrico manifestano pure un'altra verità, ed è questa. Presentando alla pallina di sambuco un bastoncello di ceralacca, di vetro, di zolfo ec. strofinato in una delle sue estremità, non viene attratta che dalla sola estremità strofinata. Ma se la strofiniamo per tutta la sua lunghezza, allora da qualunque delle due estremità ella attrae e poi respinge la pallina.

Ciò veduto i fisici, hanno concluso che in questi corpi la proprietà elettrica non si propaga da una parte all'altra; e succede in questi rispetto all'elettrico ciò che avviene del legno e di un cannello di carbone rispetto al calorico.

Questo non propagarsi la proprietà elettrica in cotali corpi si esprime col dire che *non conducono* l'elettricità. Al contrario l'esperienza ha dimostrato che un corpo metallico appena abbia acquistato la proprietà elettrica sopra uno de' suoi punti, essa si propaga istantaneamente sopra tutta la superficie del corpo, qualunque sia la sua estensione. Questo si

esprime col dire che i metalli *conducono* bene l'elettricità.

Considerato questo fenomeno, i fisici hanno distinto i corpi rispetto alla elettricità, in *buoni conduttori* e in *cattivi conduttori*, come fanno del pari rispetto al calorico. I conduttori migliori sono i metalli, l'acqua allo stato di vapore e allo stato liquido, il nostro corpo, le piante, tutti i corpi umidi ed altri ancora. I corpi cattivi conduttori sono la ceralacca, lo zolfo, il vetro, l'ambra gialla, la gutta perca, le pietre preziose, l'acqua allo stato di ghiaccio ec.

Questi corpi cattivi conduttori hanno pure ricevuto il nome di corpi *isolanti* o *isolatori*, perchè s'impiegano come sostegni quando si voglia conservare in un corpo buon conduttore la sua elettricità, ed isolarlo dai corpi, ai quali potrebbe trasmettere l'elettricità e disperderla. Ciò non facendo, non si potrebbero vedere le tante esperienze, nè fare le utili applicazioni dell'elettricità, perchè essendo la terra formata di sostanze che la conducono, appena che un corpo conduttore elettrizzato comunica con essa mediante un altro corpo conduttore, l'elettricità si disperde nel suolo; il quale appunto per questo vien detto il *serbatoio comune dell'elettiricità*. Ora dunque per isolare un corpo da qualunque corpo conduttore e dalla terra, gli si adattano piedi di vetro, o si appende a fili o cordoncini di seta, o si appoggia sopra un piatto coperto di ceralacca, o di altra sostanza cui dassi il nome di resina. Ma avvertite però miei cari, che i corpi per quanto sieno cattivi conduttori, pure non isolano mai completamente; per cui i corpi elettrizzati perdono sempre, più o meno lentamente, la loro elettricità col trasmetterla a questi corpi, i quali poi la con-

ducono alla terra. Oltre di questo, succede la dispersione dell'elettricità anche pel vapore acqueo ch'è contenuto nell'aria; e questa anzi è perlopiù la perdita più abbondante e più rapida che dell'elettricità fanno i corpi elettrizzati.

Avendo detto che i metalli sono i migliori conduttori dell'elettricità, ne viene per natural conseguenza che sieno difficili ad elettrizzarsi, perchè di mano in mano che riceveranno l'elettricità, la trasmetteranno ai corpi coi quali sono a contatto. E questo è vero. Ma la ragione, e ciò che abbiamo detto dei corpi non conduttori ci suggeriscono il modo onde elettrizzare anco i metalli ed ottenerne da essi la prova avvicinandoli alla pallina di un pendolo elettrico. Il modo sarà di formare un bastoncello, di cui metà sia metallo e l'altra metà sia vetro. Difatto facendolo presso che della forma indicata dalla figura 120, cioè di un tubo

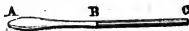



Fig. 120.

d'ottone A B, fissato ad un manico di vetro B C, e tenendo in mano questo manico, se strofineremo il tubo d'ottone con un pezzo di seta; o di panno di lana, e poi l'avvicineremo alla pallina del pendolo elettrico, questa ne sarà tosto attirata e respinta, come se il tubo metallico elettrizzato fosse un pezzo d'ambra gialla, o un bastoncello di ceralacca. E se quindi strofineremo il manico di vetro, tenendo in mano il tubo d'ottone, nel vetro sarà senza dubbio uno sviluppo di elettricità, ma questa si disperderà immediatamente nel nostro corpo, passandovi per la mano e pel

braccio, e dal corpo si trasmetterà rapidamente al suolo, per modo che non darà il manico di vetro segni evidenti di elettricità avvicinandolo alla pallina del pendolo. E ciò perchè l'elettricità di mano in mano che si eccita nel manico di vetro, tosto si trasmette al tubo d'ottone, il quale non la ritiene, ma la fa passare alla mano che lo impugna.

274. **Distinzione di due specie di elettricità.** — I fisici spingendo ancora di più le loro esperienze, hanno veduto che allorquando si presenta al pendolo elettrico un bastoncello di vetro strofinato, questo attrae la pallina del pendolo, e subito dopo la respinge; fenomeno che si ripete in egual maniera con un bastoncello di ceralacca egualmente strofinato. Per cui sembra a prima vista che l'elettricità sviluppata col vetro sia eguale a quella sviluppata con la ceralacca. Ma elettrizzando nello stesso tempo i due corpi, osserviamo che la pallina attirata e respinta dal vetro, è attirata subito dalla ceralacca, e appena che da questa si stacca, il vetro l'attrae di nuovo a sè. Da tutto ciò deduciamo che un corpo respinto dall'elettricità del vetro viene attirato dall'elettricità della resina ovvero dalla ceralacca; e che un corpo respinto dall'elettricità della resina è attirato da quella del vetro.

Il Dufoy, fisico francese, fondandosi sopra questi fatti, ammise pel primo nel 1734 l'esistenza di due elettricità di natura differente, e chiamò quella che si sviluppa sul vetro, *elettricità vitrea*, e quella che si sviluppa sulla resina, *elettricità resinosa*.

275. **Teorie diverse di Symmer e di Franklin.** — Onde spiegare gli effetti contrari che presenta l'elettricità allo stato di vitrea e di resinosa, si ammettono da alcuni due *fluidi elettrici*, ciascuno dei quali,

essi dicono, agisce per ripulsione sopra se stesso, e per attrazione sopra l'altro; vale a dire che un corpo avente elettricità vitrea respinge tutti quelli che sono investiti da questa medesima elettricità; e al contrario attrae quelli che posseggono elettricità resinosa, e viceversa. I fisici che sostengono questa ipotesi dicono ancora che questi due fluidi elettrici esistono sempre in tutti i corpi e combinati per modo chè formano un fluido solo detto *fluido neutro* o anche *fluido naturale*; il quale non manifesta alcun fenomeno elettrico se sia lasciato in quiete; ma se turbiamo questa sua quiete, per es., strofinando l'oggetto, allora i due fluidi si separano fra loro, ed i fenomeni elettrici subito appariscono. Difatto avvicinando alla pallina del pendolo un bastoncello di ceralacca senza essere strofinato, la pallina non si muove, e la ceralacca non manifesta alcun fenomeno elettrico, perchè i due fluidi ch'ella in sè ritiene sono sempre in stato di quiete, nè sono separati fra loro da alcuna causa. Però questi fluidi hanno una gran tendenza a riunirsi per formare di nuovo il fluido neutro, ricomposto il quale, più non si palesa alcun fenomeno elettrico. A questi due fluidi si è dato il nome di *fluido vitreo*, e di *fluido resinoso*.

Ciò in quanto alla teoria dei due fluidi, creata dal fisico inglese Symmer. Ma fra i dotti avvene pure di quelli che non ammettono l'esistenza di due fluidi elettrici, bensì di uno solo, della qual teoria fu creatore Beniamino Franklin. Questo fisico ammette un solo fluido elettrico, il quale, egli dice, agisce per ripulsione sulle proprie molecole, e per attrazione sopra quelle della materia; e che tutti i corpi contengono una quantità determinata di questo fluido allo stato latente. Ora, secondo questa teoria, allorquando esso

aumenta, i corpi vengono ad elettrizzarsi *positivamente*, e allora acquistano le proprietà dell'elettricità vitrea; quando all'opposto diminuisce, i corpi sono elettrizzati *negativamente*, e presentano le proprietà dell'elettricità resinosa. Dunque la denominazione di *elettricità positiva* o di *fluido positivo* equivale a quella di *elettricità vitrea*; e la denominazione di *elettricità negativa* o di *fluido negativo* a quella di *elettricità resinosa*. La positiva è chiamata ancora elettricità *in più*, e la negativa *in meno*. In conseguenza comunicando ad un corpo che già possiede un'elettricità positiva, una quantità eguale di elettricità negativa, si ottiene lo stato neutro, ch'è quanto dire, non alcuna manifestazione di fenomeni elettrici. La teoria del fisico Symmer, cioè dei due fluidi, è la più comunemente seguita, perchè, come vedremo, spiega con maggior chiarezza i fenomeni dell'elettricità.

Ammessa dunque l'ipotesi delle due specie di elettricità, riassumeremo gli effetti di attrazione e di ripulsione che presentano i corpi elettrizzati, nel seguente principio, che serve di base alla teoria di tutti i fenomeni che ci presenta l'elettricità statica. Il principio è questo: *Due corpi carichi della medesima elettricità si respingono, e due corpi carichi di elettricità contraria si attraggono in forza dell'azione delle due elettricità fra loro, e non in forza della loro azione sulle molecole della materia;* perchè se la ceralacca attrae la pallina del pendolo, non è perchè l'elettricità della ceralacca abbia azione attraente sulle molecole della midolla di sambuco, ma perchè l'elettricità della ceralacca è diversa da quella della pallina.

Onde noi ci facciamo le idee più chiare che sia possibile intorno a queste teorie e a questi principii,

dall'intelligenza dei quali deriva quella di tutto ciò che saremo per dire, dobbiamo aggiungere, che strofinando insieme due corpi di qualunque natura, il fluido neutro di ciascuno viene decomposto, e sempre *uno dei corpi prende il fluido positivo, ovvero si elettrizza positivamente o in più, e l'altro prende il fluido negativo, ovvero si elettrizza negativamente o in meno.* Per dimostrarlo, basta comunicare al pendolo elettrico un'elettricità conosciuta, e presentargli separatamente i due corpi strofinati, i quali nel caso che sieno conduttori, devono essere isolati. Ora uno dei due attrae la pallina di sambuco, e l'altro la respinge; ciò che dimostra come essi sieno carichi di elettricità contrarie.

Avvertiremo finalmente che l'elettrico si porta sempre alla superficie dei corpi, e forma quivi come un sottilissimo strato allorchè vengono elettrizzati o positivamente o negativamente. I professori di fisica dimostrano quest' accumulazione di tutta l'elettricità alla superficie dei corpi con apposite esperienze, di alcune delle quali noi terremo parola nel prossimo trattenimento.

TRATTENIMENTO XXV.

CONTINUA DELL' ELETTRICITÀ.

SOMMARIO

Elettrizzazione per influenza o per induzione. — Comunicazione dell' elettricità a distanza. — Elettroforo. — Macchina elettrica. — Scintilla elettrica. — Scampanio elettrico. — Ballo elettrico. — Arganello elettrico.

Prima che ci facciamo a parlare delle macchine elettriche e dei curiosi fenomeni che per esse si ottengono, è necessario che diciamo qualche cosa, miei cari, intorno all' azione che i corpi elettrizzati esercitano sui corpi allo stato neutro; e sotto questo rapporto mi farò a discorrere di ciò che i fisici chiamano elettrizzazione per influenza o per induzione.

276. **Elettrizzazione per influenza o per induzione.** — Come una calamita agisce sul ferro, così un corpo elettrizzato agisce sopra un corpo allo stato neutro. Voglio dire con questo, che il corpo elettrizzato decomponendo il fluido neutro, attrae l' elettricità di nome contrario a quella ch' egli possiede, e respinge l'altra ch'è del medesimo nome. I fisici per esprimere questo effetto, il quale non è altro che una conseguenza della vicendevole azione delle due elettricità, dicono che il corpo che dapprima era allo stato neutro, è *elettrizzato per influenza o per induzione*, perchè difatto il corpo allo stato neutro ha subito un' influenza esercitatagli da quello elettrizzato.

La dimostrazione di questo asserto è facilissima. Si prende un cilindro d'ottone B (fig. 121) isolato sopra una colonnetta di vetro A, e avente alle sue estremità due piccoli pendolini elettrici C D, formati di palline di sambuco sospese a fili di canapa che sono conduttori. Ponendo questo cilindro a piccola distanza dal tubo di ottone terminante nella sfera E (che come vedremo fra poco è un conduttore della macchina elettrica), questo conduttore essendo carico di elettricità positiva, attrae dal cilindro B il fluido negativo, e respinge il positivo. In tal caso succede che il fluido negativo si distribuisce nella estremità F, perchè attirato dal positivo di E, e il fluido positivo nell'altra G, perchè respinto parimente dal positivo di E. Per la qual cosa i pendolini si trovano fra loro ambedue respinti; il pendolino C perchè attirato dal fluido positivo di E, e il pendolino D perchè attirato dal fluido positivo di G ch'è respinto da quello di E.

Oltre di che dobbiamo pure avvertire che un corpo elettrizzato per influenza agisce alla sua volta sui corpi vicini per separare i loro due fluidi. Infatti ponendo alla estremità opposta del cilindro la sfera metallica L, isolata essa pure dalla terra mediante una colonnetta di vetro, il fluido positivo del cilindro attrae il negativo della sfera, il quale perciò viene a disporsi in O, e respinge il positivo in P. Il tutto per l'influenza che l'estremità elettrizzata G del cilindro

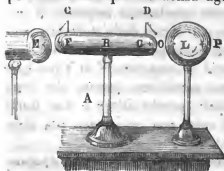



Fig. 121.

esercita sulla sfera L che le è vicina, e nella quale separa i due fluidi che poco fa riteneva nello stato di quiete.

Per facilitare anche più l'intelligenza di quanto abbiamo detto intorno all'elettrizzazione per influenza, credo che non sarà inutile nè superfluo il dirvi che i fisici esprimono il fluido positivo col segno +, che vuol dire *più*, e il negativo col segno —, che vuol dire *meno*. Osservate come stanno disposti questi segni +, — nella figura 121, e vedrete subito a colpo d'occhio come stieno disposti i due fluidi negli oggetti E, B, L; dal che la ragione che le due palline sono attirate dagli oggetti posti alle due estremità del cilindro B.

Per riconoscere poi la specie di elettricità di cui sono cariche le due estremità F G del cilindro, non dovete che strofinare un bastone di ceralacca, e presentarlo al pendolino C, il quale essendone respinto, dimostra ch'egli è carico della medesima elettricità della resina, cioè di fluido negativo o in meno (—). E strofinando poi un tubo di vetro e presentandolo al pendolino D, voi lo vedreste egualmente respinto; il che vi dimostrerebbe essere egli carico della medesima elettricità del vetro, cioè di fluido positivo, o in più (+).

Però questi fenomeni di attrazione e di ripulsione non durano sempre, ma spariscono appena che cessi l'influenza dell'elettricità; perchè allora i due fluidi si ricompongono, ed i corpi non conservano più alcuna traccia di elettricità.

277. Comunicazione dell'elettricità a distanza. — Ma se l'influenza del corpo elettrizzato invece di cessare aumenta, allora voi vedreste, miei cari, un altro fenomeno più curioso di quello dell'attrazione e della ripulsione dei pendolini. Voi vedreste scoccare una

scintilla nel breve spazio che passa fra i due corpi elettrizzati, e subito sentireste uno scoppietto o romore secco, dopo il quale la viva scintilla si estingue. È questa chiamata scintilla elettrica, la quale è tanto più viva e luminosa, quanto maggiore è la dose del fluido elettrico che la compone. Riportandoci al conduttore E e al cilindro isolato B della figura 121, noi vi dobbiamo osservare a questo proposito, che le due elettricità contrarie disposte in E e in F tendono a riunirsi; e siccome non sono mantenute alla superficie di questi due corpi che dalla resistenza dell'aria che non è conduttore, o dalla piccola dose in che sono le due elettricità, il che chiamasi *tensione*, se la resistenza dell'aria diminuisce e la tensione aumenta, allora la forza attraente delle due elettricità vincendo l'ostacolo che le tiene separate, queste si ricompongono attraverso l'aria, e nell'istante in cui esse si riuniscono, producono la scintilla. Laonde tutte le volte che questa succede in qualunque fenomeno di elettricità, indica che i due fluidi positivo e negativo, ossia in più e in meno, che erano fra loro separati in due corpi diversi, si sono ricomposti e riuniti attraverso l'aria atmosferica.

Ora verremo a parlare delle macchine elettriche; così chiamati certi apparati o macchine che servono ad ottenere un certo sviluppo di elettricità statica. Avvene di più maniere, ma noi ci occuperemo a descrivere e riconoscere le più comuni, quelle cioè che vengono ordinariamente adoprate per le esperienze che si sogliono fare dai professori di Fisica nelle loro lezioni.

278. **Elettroforo.** — La più semplice macchina elettrica è l'*elettroforo*, così chiamato perchè produce e mantiene la elettricità per influenza. Questo appa-

recchio, inventato da Volta, si compone di un disco di resina B (fig. 122) che liquefatta al fuoco e colata sopra un piatto di legno, raffreddandosi si fa solida, e vi resta adesa. Avvi pure un altro disco A ch'è di stagno, o di legno coperto da una foglia di questo medesimo metallo e munito di un manico di vetro C, o di altra sostanza purchè sia isolante. Per ottenere l'elettricità bisogna prima di tutto o scaldare dolcemente al fuoco, o asciugare ben bene con un panno il disco di resina e di stagno, onde privarli di qualunque umidità che, depositata alla loro superficie, impedirebbe o ritarderebbe lo sviluppo dell'elettricità.

Così preparata la macchina, si alza il disco di stagno, e si batte fortemente quello di resina con un pezzo di panno di lana alquanto grande, o meglio con una pelle di gatto. Per le battute che riceve la resina presto ella si elettrizza negativamente. Appoggiando allora il disco di stagno sulla resina, come indica la figura 123, la resina che, come sapete, è cattivo conduttore, non perde la sua elettricità negativa, ma per l'influenza che esercita sul disco di stagno, ne attrae il fluido positivo sulla superficie colla quale viene ad essere a contatto, e nel tempo stesso respinge sull' altra superficie del disco di stagno il fluido negativo. Sicchè i due fluidi vi sono decomposti e perciò separati, il positivo sulla superficie inferiore, il negativo sulla superiore, cioè quella dov'è il manico isolatore. Toccando dunque con un dito la superficie del disco D, mentre sta posato sulla resina, gli si toglie il fluido negativo, e resta col positivo soltanto. Allora se lo prendiamo pel manico di vetro C e lo alziamo, come indica la figura 122, e coll' al-

tra mano M lo tocchiamo, scocca subito una scintilla perchè il fluido positivo del disco si ricompone col negativo della mano. Al contrario se alziamo pel manico il disco di stagno senza averlo prima toccato per togliergli il fluido negativo, i due fluidi decomposti si ricompongono, e toccando il disco non darà scintilla, perchè i fluidi hanno ripreso il loro stato naturale appena tolti dal contatto colla resina.

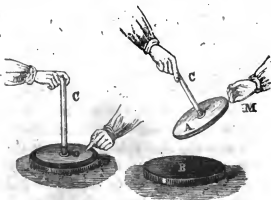



Fig. 123. Fig. 122.

La resina dell'elettroforo se starà immersa in un'aria secca, conserverà per parecchi mesi la propria elettricità; e per tutto quel tempo si potranno ottenere tante scintille quante se ne vorranno, senza batterla di nuovo colla pelle di gatto o col panno di lana. Però è necessario ogni volta di toccare prima il disco di stagno mentre è in contatto colla resina, e poi quando si tiene pel manico di vetro.

279. **Macchina elettrica.** — La prima macchina elettrica fu inventata da Ottone di Guerick, quel medesimo scenziato che inventò la macchina pneumatica. Varie sono state le modificazioni che in seguito si

fecero a quest'apparato, il quale prese finalmente per opera del fisico Ramsden la forma che le si dà generalmente anche ora; ed è quella rappresentata dall'appresso figura 124, che mi faccio a descrivere.

Un disco di vetro più o meno grande e alquanto grosso indicato da B B sta collocato fra due sostegni C C, entro i quali si muove in senso rotatorio e perpendicolare al suolo, per mezzo di una manovella A. Questa è un'estremità di un'asta di ferro o di ottone che traversa da una parte all'altra il sostegno di sinistra e il disco nel suo centro, e coll'altra estremità va a terminare al sostegno di destra, ove si appoggia, e sul quale si muove. Il disco, rotando, striscia fra quattro *cuscinetti o strofinatori* D D, riempiti di crino, fasciati di pelle sottile o di seta, e fissati nelle due facce interne dei sostegni. In prossimità del disco stanno collocati due tubi d'ottone P P, che all'orlo del disco si ricurvano a guisa di ferro di cavallo. Sono essi chiamati *pettini* perchè nel punto della loro superficie rivolta al disco, sono armati di punte d'ottone, disposte ad una certa distanza fra loro e come i denti di un pettine. Sicchè il disco, rotando, scorre le sue due facce fra queste punte ma senza toccarle, quantunque sieno vicinissime. Questi pettini sono fissi a due tubi assai più grossi E E, che si dicono conduttori e che stanno disposti orizzontalmente e in senso opposto al disco. Questi due tubi più grossi sono isolati sopra quattro colonnette di vetro G, e comunicano fra loro per mezzo del tubo L, che sta collocato all'estremità opposta dei grossi tubi E E. Tutta la macchina sta fissata sopra un tavolino M.

Ora che abbiamo conosciuto le varie parti componenti la macchina elettrica, verremo ad esporne la

teoria, ch'è fondata sulla elettrizzazione per strofinamento o per influenza. È semplicissima.

Allorquando noi facciamo rotare il disco per mezzo della manovella, e che viene a strofinarsi sui cuscinetti, questi si elettrizzano negativamente, e il disco positivamente. Allora il fluido negativo si trasmette immediatamente dai cuscinetti ai sostegni a cui quelli sono fissati, dai sostegni che sono buoni conduttori, passa rapidamente alla tavola sulla quale sono essi fissati, e finalmente passa alla terra attraverso le gambe della tavola che posa sul pavimento della stanza.

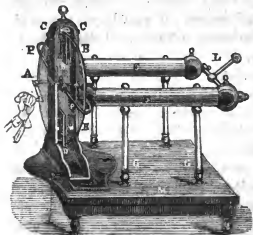



Fig. 124.

L'elettricità positiva del disco agisce subito per influenza sui conduttori ed attrae per conseguenza il fluido negativo, che, sfuggendo per le punte dei pettini, viene a combinarsi coll'elettricità positiva del vetro, e la neutralizza. I conduttori allora che perdono così la loro elettricità negativa, rimangono elettrizzati positivamente; per conseguenza il disco niente cede ai conduttori, ma invece non fa che sottrarre il fluido negativo proveniente dalla decomposizione del fluido naturale.

Una volta caricata la macchina, se accostiamo la mano a uno dei tubi E, se ne trae subito una scin-

tilla, la quale si rinnuova purchè si continui sempre a rotare il disco. Ora donde nasce la scintilla? Nasce perchè è il resultato della combinazione del fluido negativo della mano col fluido positivo della macchina. Si ripetono poi le scintille ad ogni tocco di mano, perchè la macchina tende sempre a ciascuna scintilla a ritornare allo stato neutro, il quale però non si ricompone per la continuata influenza del disco che la elettrizza di nuovo.

Parecchie esperienze si possono fare colla macchina elettrica; ma noi ne descriveremo soltanto alcune delle più comuni, quali sarebbero quelle della *scintilla elettrica*, dello *scampanio elettrico*, del *ballo elettrico*, dell'*arganetto elettrico* ec.

280. **Scintilla elettrica.** — Se un bel fenomeno derivante dalla macchina elettrica è la scintilla che si trae dai conduttori, avvicinandovi una mano, è più maraviglioso ancora il farla scaturire da un punto qualunque del nostro corpo.

Per ottener questo si fa salire la persona che vogliamo elettrizzare sopra un panchetto con piedi di vetro, che chiamasi *panchetto elettrico*, e che sta presso al tavolino sopra cui è fissata la macchina. La persona così isolata, e senza toccare il tavolino, tien posata una mano sopra uno dei conduttori della macchina elettrica, oppure tiene in mano una catena metallica che sia a contatto col conduttore. Così disposta, e di mano in mano che lo sperimentatore fa rotare il disco e che la macchina si carica, l'elettrico si distribuisce sul corpo della persona isolata nello stesso tempo che sui conduttori, senza che ne risenta alcun effetto, purchè non sia toccata da alcuno. Ma toccandola, sia sugli abiti, sia nel viso, sia nelle mani, in qua-

lunque punto, se ne traggono scintille come dalla macchina stessa, perchè il corpo si è cangiato in conduttore della macchina elettrica, finchè stia con essa in comunicazione. Ma è a dirsi ancora che tutte le volte che la scintilla scocca, la persona prova una commozione tanto più forte, quanto più intensamente sia essa elettrizzata, e un' acuta puntura nella pelle ove sia toccata. Avvicinando poi una mano ai suoi capelli, senza toccarli, i capelli si rizzano e si dirigono verso la mano, la quale sente in quel momento un leggero soffio come se dalla testa della persona elettrizzata scaturisse del vento.

Ma per elettrizzare in qualche modo una persona isolata sopra un panchetto elettrico, non è assolutamente necessaria la macchina; anche con una pelle di gatto si ottiene un grado di elettrizzazione da attirare il pendolino elettrico, e trarne la scintilla toccando la persona con una mano. Dipiù se la persona che tiene la pelle di gatto sale essa pure sopra un altro panchetto isolante, i due sperimentatori restano elettrizzati, l'uno positivamente, e l'altro negativamente.

281. **Scampanio elettrico**. — Si fa un altro curioso fenomeno con un apparato che si chiama *scampanio elettrico*. Consiste questo in una verga metallica A A (fig. 125) disposta orizzontalmente, e in comunicazione coi tubi B B della macchina elettrica. Da questa verga pendono due palline

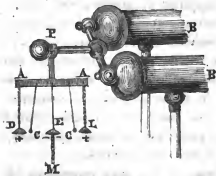



Fig. 125.

d'ottone C C, e tre campanine D, E, L simili a quelle degli orologi a soneria. Le campanine D L sono attaccate a sottili catene metalliche, mediante le quali sono messe in comunicazione colla verga e coi tubi della macchina. La campanina di mezzo invece è sospesa ad un filo di seta, che come cattivo conduttore, la isola dalla verga e dalla macchina; ma però comunica col suolo mediante la catenina M. A fili di seta, isolatori, sono pure appese le due palline d'ottone C C.

Ora dunque attaccando pel gancio P ai conduttori la verga, e facendo rotare il disco della macchina elettrica, le campanine D L si elettrizzano positivamente perchè ricevono il fluido positivo dei conduttori, attraggono a sè le palline d'ottone, e appena che queste hanno toccato le campanine, ne vengono vivamente respinte. Le palline avendo toccato le due campanine laterali, si sono elettrizzate esse pure positivamente, per cui si portano tosto sulla campanina di mezzo, la quale quantunque sia in comunicazione col suolo, è elettrizzata negativamente, per effetto dell'influenza delle altre due. Le palline non hanno appena toccato questa campanina di mezzo, che perduto il fluido positivo, vanno a gettarsi sulle due laterali, qui si caricano nuovamente di elettricità positiva, e ripetono il movimento oscillatorio, rapidamente battendo ora nell'una, ora nelle altre campanine, che fanno risuonare finchè il disco continui a caricare i conduttori. I segni +- — posti nella figura sotto le campanine v'indicano, miei cari, il modo col quale si distribuiscono in esse i due fluidi elettrici.

282. **Ballo elettrico.** — Un'altra esperienza che assai vi divertirebbe, vedendola, è il *ballo elettrico*.

Questa si eseguisce con un apparato che consiste in una spranga metallica A (fig. 126) messa in comunicazione coi conduttori come lo scampanio elettrico. La spranga nella sua parte inferiore sta unita a un disco di metallo B, eguale in diametro ad altro disco C parimente di metallo, che posa sopra un piede di legno, e che gli sta collocato immediatamente sotto come indica la figura; si pongono sul disco C diverse figurine di foglio intagliate, le quali appena i conduttori cominciano a caricarsi vanno soggette ad attrazioni e ripulsioni elettriche, di modo che si rizzano sul piatto C, vanno a toccare il disco superiore, e toccatolo, tosto ricadono sopra quello inferiore. Tutte insomma si agitano con grande rapidità andando dal piatto inferiore al superiore, e ripetendo così i movimenti fintantochè siano caricati i conduttori i quali trasmettono al disco superiore l'elettricità positiva. Questa gli viene tolta dalle figurine, le quali appena elettrizzate positivamente, ne sono respinte, ricadono sul piatto inferiore che ritiene elettricità negativa, come la campanina E dello scampanio elettrico. E come la catenina di questa trasmette al suolo il fluido positivo, così il piede di legno del disco C che posa sul tavolino della macchina elettrica, trasmette al suolo l'elettricità positiva che gli portano le figurine di foglio, e torna ad elettrizzarsi negativamente; il che concorre col fluido positivo del disco B a tenere in movi-

Fig. 126.

mento sussultorio le figurine di carta, sicchè pare che ballino. Donde la denominazione di ballo elettrico.

283. **Arganetto elettrico.** — Con un piccolo apparato detto *arganetto elettrico* si fa un' altra curiosa esperienza. L' apparato, come indica la figura 127, è composto di cinque o sei raggi di metallo ricurvi tutti nello stesso senso, terminati in punte e fissi ad un cappelletto A, il quale movendosi sopra un pernio B parimente di metallo, e confitto in un conduttore della macchina elettrica, fa girare in senso rotatorio i raggi ma in direzione opposta alle punte come indica la freccia. I fisici ritengono che questo movimento è un effetto della ripulsione fra l' elettricità delle punte e quella che essa comunica all' aria. Il fluido elettrico accumulandosi verso le punte, sfugge nell' aria, e siccome questa trovasi allora caricata della medesima elettricità delle punte, perchè gliel' hanno trasmessa; l' elettrico dell' aria respinge quello che rimane nelle punte nel tempo medesimo ch' esso pure è respinto.

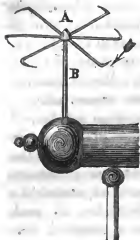



Fig. 127.

I fisici traggono questa teoria dal verificare che l' arganetto elettrico non fa alcun moto se venga elettrizzato sotto una campana pneumatica, entro la quale è affatto privato d' aria; e dal sentire un leggero soffio di vento se vi accostiamo una mano mentre gira nell' aria; il qual fenomeno è senza dubbio dovuto allo spostamento che riceve l' aria elettrizzata all' intorno delle punte.

La verità di questa teoria è ancora fondata sopra una semplicissima esperienza. Consiste questa nel presentare ad una punta metallica A (fig. 128), posta sopra un conduttore della macchina elettrica, una candela accesa B. Ora succede che l'elettricità positiva sfugge con tanta forza dalla punta che respinge l'aria che le sta presso, e con tal forza da dare origine ad una corrente che non solo è sensibile ad una mano che vi stia di faccia, ma fa piegare, e se la macchina elettrica è potente, può anche spengere la fiaccola d'una candela. Fenomeno che prova ad evidenza che l'elettricità sfugge, come abbiamo detto, da una punta con tal violenza che respinge l'aria e forma una corrente come avverrebbe soffiando in viso a qualcuno con un cannello di paglia, un'estremità del quale si tenga in bocca, e l'altra rivolta alla faccia della persona.

Fig. 128.

Ma non sono questi soli i fenomeni che si osservano nell'elettricità e le esperienze che si possono fare con essa; di alcune altre parleremo nel prossimo trattenimento.

TRATTENIMENTO XXVI.

CONTINUA DELL'ELETTRICITÀ

SOMMARIO

Elettricità dissimulata. Condensatori. — Bottiglia di Leida. — Eccitatore. — Giare e batterie elettriche. — Effetti fisiologici, luminosi, calorifici, meccanici e chimici dell'elettricità statica.

Voi già sapete, miei cari giovanetti, come possiamo per mezzo della macchina elettrica ottenere una certa dose di fluido elettrico. Ora noi verremo a dire con quali altri apparati si può avere il fluido elettrico in dose anche maggiore di quella che possiamo trarre da una macchina elettrica, ed averne dei fenomeni forse anche più sorprendenti. Questi strumenti sono detti *condensatori*, e formano essi pure una classe assai ragguardevole di strumenti elettrici.

284. Elettricità dissimulata. Condensatori. — Prima però di venir a parlare segnatamente di questi, è necessario ch'io vi dica che cosa intendesi per *elettricità dissimulata* o *elettricità latente*, acciocchè abbiate una chiara idea intorno alle cause che producono nei condensatori i due fluidi elettrici, e rendiate a voi stessi ragione del perchè sieno questi apparati costruiti nel modo che vedremo.

Dicesi *elettricità dissimulata* o *latente* lo stato di neutralizzazione in cui sono i due fluidi elettrici allorquando, posti in presenza l'un dell'altro sulla superficie di due corpi conduttori, vengono separati da

una sottil lamina non conduttrice, come sarebbe il cristallo. Per effetto di questa neutralizzazione, la carica elettrica può essere grandissima, e sorpassare di molto quella che può ottenersi sopra un corpo solo.

Gli apparati col mezzo dei quali si giunge ad accumulare così l'elettricità, sono quelli appunto che si chiamano *condensatori*.

Se ne conoscono in Fisica di diverse specie, ma tutti fondati sulla teoria dell'elettrizzazione per influenza, e composti essenzialmente di due corpi conduttori separati da un corpo non conduttore. Ma io mi limiterò a farvi conoscere il più comunemente adoprato, cui dassi il nome di *Bottiglia di Leida*.

285. **Bottiglia di Leida.** — La bottiglia di Leida così chiamata dal nome della città ove fu inventata da un Olandese nel 1746, ha subìto col tempo modificazioni e miglioramenti come avviene di tutte le umane invenzioni, che si vanno perfezionando col tempo e per l'ingegno degli uomini. Adunque la bottiglia di Leida, sempre più migliorata nella sua costruzione, prese finalmente la forma che le si dà attualmente, e ch'è quella indicata dalla figura 129.

Si compone di una boccia di vetro sottile A, la di cui grandezza varia secondo la quantità di elettricità che vogliamo accumulare. È necessaria una certa sottigliezza nel vetro, perchè quanto questa è maggiore (fino però ad un certo limite) e tanto più potrà aumentare la carica elettrica. L'interno è riempito di foglie di stagno, o di rame, o di oro battuto, come indica il disegno nella parte superiore della bottiglia. Sulla parete esterna è applicata una foglia di stagno B, che ricopre anche il fondo, parimente all'esterno, ma che lascia scoperto il vetro fino ad una certa distanza

dal collo, di dove si vedono le foglie metalliche dell'interno. La sommità del collo è turata con un turacciolo di sughero, nel quale passa un' asta d'ottone che nella sua parte superiore è ricurva a guisa d'uncino, e terminante in un bottone C; e colla inferiore penetra nella bottiglia, ove sta in comunicazione colle foglie metalliche dell'interno. A queste foglie si dà il nome di *armatura interna*, e alla foglia di stagno quello di *armatura esterna*.

Fig. 129.

Per caricare la bottiglia di Leida bisogna far comunicare una delle armature con una sorgente elettrica, e l'altra col suolo; e perciò si tiene in mano la bottiglia per l'armatura esterna, e si presenta l'armatura interna alla macchina elettrica, come indica la figura. Allora il fluido positivo si accumula sulle foglie interne, e il fluido negativo sulla esterna. Al contrario se si tenesse la bottiglia per l'uncino, e si presentasse l'armatura esterna alla macchina, il fluido positivo si accumulerebbe sull'armatura esterna, e il negativo sull'interna.

Allorchè abbiamo dato alla bottiglia quella carica che vogliamo, vale a dire allorchè le elettricità contrarie sono accumulate sulle due armature con quella ten-

sione che stimiamo necessaria all' uso che vogliamo farne, si rompe la comunicazione colla macchina elettrica, scostando la bottiglia dai conduttori. Se vogliamo mantener la bottiglia caricata, la posiamo in qualche posto, e la carica per lungo tempo vi si conserva; se poi vogliamo scaricarla o per vedere la scintilla elettrica, o per qualunque altro effetto, bisogna ricomporre insieme i due fluidi positivo e negativo, che sono fra loro separati dal vetro della bottiglia essendo questo un cattivo conduttore. Ma i due fluidi sono disposti, come abbiamo detto, sulle due armature, dunque trovato il modo di mettere in comunicazione fra loro queste armature, i due fluidi dovranno necessariamente riunirsi e tornare allo stato neutro. Per far questo vi sono due modi, il primo è di tenere la bottiglia per l'armatura esterna con una mano, e con un dito dell' altra toccare il bottone dell' asta che comunica coll' armatura interna. In tal caso le braccia ed il corpo dell' uomo servono da arco comunicatore delle due armature e per conseguenza dei due fluidi, i quali per questo mezzo istantaneamente si ricomporranno e torneranno allo stato neutro, facendo risentire una scossa alle mani ed alle braccia; la quale sarà tanto più forte quanto maggiore sarà l' intensità dei due fluidi accumulati sulle armature.

Il secondo mezzo onde scaricare la bottiglia di Leida senza riceverne scossa è quello di adoprare un semplice strumento, cui dassi il nome di *eccitatore*.

286. **Eccitatore.** — Questo strumento consiste in due archi d' ottone A A (fig. 130) terminati in due palline B B dello stesso metallo, e riuniti insieme a cerniera nel punto C in modo che possono fra loro avvicinarsi e slontanarsi. Ve ne ha di quelli armati di

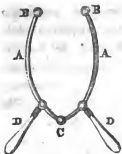



Fig. 130.

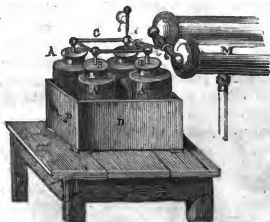
manichi, ed altri senza. I manichi sono di vetro, come la figura indica in D D; e allora si chiamano *eccitatori a manichi di vetro*. Se poi l'eccitatore non è munito di manichi, allora gli si dà il nome di *eccitatore semplice*.

Ora dunque per far uso dell'eccitatore si applica prima una delle sue sfere sull'armatura esterna della bottiglia, e slargando l'altro arco, se ne porta la sfera sopra il bottone dell'asta metallica. Appena si tocca il bottone, scocca una viva scintilla che proviene dalla ricomposizione delle due elettricità contrarie accumulate sulle armature. Tuttavia la ricomposizione non è completa perchè si possono ancora trarre, ripetendo l'applicazione dell'arco sul bottone della bottiglia, una o due altre scintille, ma però sempre più deboli della prima.

Scaricando la bottiglia anche coll'eccitatore semplice, non si risente alcuna scossa, quantunque lo teniamo in mano; ciò perchè il fluido elettrico di due conduttori sceglie sempre il migliore, e la ricomposizione dei due fluidi operandosi per l'arco metallico e non pel corpo dello sperimentatore, questo non risente alcuna scossa. Laonde i manichi di vetro non giovano ad altro che a facilitare i movimenti dei due archi, e render l'eccitatore più comodo per adoprarsi nelle esperienze.

287. **Giare e Batterie elettriche.** — Per alcune esperienze nelle quali è necessaria una grande quantità di elettrico, i professori di fisica adoprano certi vasi di cristallo A (fig. 131) a bocca larga onde po-

tervi agevolmente introdurre una mano per distendervi nella parete interna una foglia di stagno che serve di armatura interna. Queste pure, come le bottiglie, sono chiuse da un turacciolo di sughero, per il quale passa un'asta di ottone B, diritta anche nella sua estremità superiore, e terminante alla parte inferiore in una catena metallica, che mette il bottone dell' asta in comunicazione colla foglia di stagno, che forma, come abbiamo detto, l'armatura interna. Un' altra foglia parimente di stagno, disposta alla parete esterna, come nella bottiglia, forma anco nelle giare l' armatura esterna.

Fig. 131.

Riunendo insieme 4, 6, e più ancora di queste giare, i cui bottoni sieno in comunicazione fra loro per mezzo di un' asta metallica C, che passi da un bottone all' altro, e tutte disposte entro una cassetta di legno D, il cui interno e parte ancora dell' esterno sia fasciato da una foglia parimente di stagno, si forma la così detta *batteria elettrica*. Questa per caricar-

la, si pone in comunicazione coi conduttori della macchina M, i quali accumulano l'elettricità positiva nell'interno delle giare, mentre l'esterno si carica di elettricità negativa attese le foglie di stagno ed il legno medesimo della cassetta e della tavola sulla quale posa l'apparato.

Allorchè si vuole scaricare una batteria, si fanno comunicare le due armature mediante l'eccitatore a manichi di vetro, avendo cura di toccar prima l'armatura esterna. Se la batteria è formata di più giare (il cui numero non suol esser comunemente maggiore di nove) e che sieno fortemente caricate, si può farne scoccare una tale scintilla da uccidere immediatamente anche un conigliolo, un cane ec. Per la qual cosa non sarà mai soverchia la cautela da usarsi nello scaricare coll'eccitatore una batteria elettrica, onde evitare i danni che ce ne potrebbero venire.

Passeremo ora a parlare di alcuni effetti che produce l'elettricità statica.

288. **Effetti dell'elettricità statica.** — I fisici distinguono gli effetti dell'elettricità statica in diverse specie secondo la loro natura; e sono in effetti *fisiologici*, *luminosi*, *calorifici*, *meccanici* e *chimici*. Gli esempi renderanno chiaro il significato di queste parole.

Maravigliosi sono gli effetti che noi proviamo sul nostro corpo, e più ancora quelli che si producono sul corpo di un uomo o di un animale morto di recente. Questi effetti sono appunto quelli che in scienza si chiamano *fisiologici*, perchè interessano il corpo degli uomini e degli animali.

Quello che noi proviamo sul nostro corpo voi già lo sapete, ed è la scossa. Ma non è questo solo ciò che io voleva dirvi; poichè m'interessava di farvi sa-

pere che con una sola bottiglia di Leida si può dare la scossa a molte persone nel medesimo istante. Perchè questa succeda debbono esse prendersi tutte per mano, senza interruzione, formare ciò che chiamasi *la catena*, e disporsi in circolo per modo che la prima e l'ultima vengano ad esser vicine fra loro. Una di queste terrà in mano la bottiglia per l'armatura esterna, e presentandola all'ultimo dell'altro capo della catena, questi senza lasciar la mano di chi gli sta all'altro lato, toccherà con un dito il bottone della bottiglia. In quest'istante tutte le persone risentiranno la scossa, la quale sarà tanto più forte, quanto più sarà caricata la bottiglia. Anche a 500 uomini così disposti si può dare una scossa che tutti la sentano nelle braccia e nel petto. Con una piccola bottiglia la scossa si fa sentire fino al gomito, con una grande la risentiamo fino alle spalle; ma si debbono evitare le scosse più forti, onde non risentirne dei danni alla nostra salute.

Abbiamo detto che il fluido elettrico produce degli effetti ancora sugli animali che sieno recentemente privati della vita. Intorno a questo curioso fenomeno avrò a parlarvi più a lungo nel prossimo trattenimento; e per ora vi dirò solo che per mezzo dell'elettrico possiamo produrre nel corpo di un animale testè morto delle istantanee contrazioni muscolari, pei quali facciano le sue gambe tali movimenti da farlo credere ritornato alla vita. Ma questo ritorno alla vita è affatto simulato, perchè cessata sopra quel corpo morto l'azione dell'elettrico, il corpo torna tosto nell'assoluta immobilità.

Gli effetti della seconda specie che produce l'elettricità statica abbiamo detto essere i *luminosi*; e questi

pure voi li conoscete, perchè abbiamo detto più volte del vivo splendore che ha in sè la scintilla elettrica. I professori di fisica sperimentale fanno nelle loro lezioni molte curiose esperienze, valendosi appunto di questa proprietà che hanno i due fluidi positivo e negativo allorchè si ricompongono attraverso l' aria atmosferica.

Oltre a questi produce l' elettricità statica anco fenomeni *calorifici*, perchè l' elettrico è difatto una sorgente d' intenso calore. E ciò si dimostra coi liquidi e coi solidi. Di liquidi si prende o lo spirito di vino o l' etere, e si versa in un piccolo vaso di vetro A (fig. 132) col piede di metallo. Dal piede e attraverso il vaso di vetro sorge una sottile asta d' ottone che nella parte superiore va a terminare in una pallina o bottone. Dello spirito se ne versa tanto che il bottone ne sia ricoperto. Poi si prende una bottiglia di Leida già carica, se ne cinge con un filo metallico B l' armatura

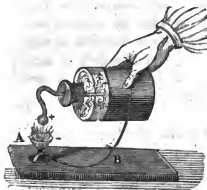



Fig. 132.

esterna, e l' altra estremità si lega, come indica la figura, al piede del vaso che dev' essere di metallo. Preparata così l' esperienza, si avvicina al bottone della piccola asta che traversa il vaso il bottone della bottiglia, e tosto scocca una scintilla che infiamma lo spirito; ma perchè il fenomeno prontamente riesca, giova riscaldare un poco lo spirito prima di versarlo nel vaso. Se adoprasi etere, non v' ha bisogno di riscaldarlo,

perchè questo di natura sua s' infiamma con assai maggiore facilità.

Ma gli effetti calorifici dell' elettrico sono ancora più sorprendenti sui corpi solidi, e di questi sui metalli che pur sono i più compatti e i più duri. L' esperienza si fa così. Si prende un filo o di ferro, o di platino, o d'oro o d' argento di una certa lunghezza, e si dispone in modo da potervi scaricar sopra una batteria elettrica. Appena che la scarica della batteria passa attraverso il filo metallico, questo diviene incandescente, brucia con una luce abbagliante, e in brevi istanti il metallo è fuso. E se il filo è o d' oro, o di platino, o d' argento, non solo si fonde, ma volatilizza ancora; ch' è quanto dire, si discioglie in vapore. Sì potente è l' azione calorifica che il fluido elettrico esercita sopra quei metalli, che opera in un istante ciò che noi pure si otterrebbe con una combustione artificiale di carbone, ma in un tempo assai più lungo.

Gli effetti *meccanici* prodotti dall' elettricità statica consistono in lacerazioni, rotture violente od altro che si producono nei corpi poco conduttori al momento che vengono attraversati da una forte scarica elettrica. Così il vetro viene in un istante forato come da un trapano, il legno anche il più duro viene spezzato, le pietre sono messe in frantumi, e i gas ed i liquidi sono scossi fortemente. Per queste esperienze sono messi in azione diversi apparati che rendono evidente il fenomeno senza pericolo alcuno dello sperimentatore.

Chimici finalmente sono chiamati gli effetti dell' elettricità, allorchè consistono in combinazioni e decomposizioni che si producono nei corpi nell' atto che i due fluidi si ricompongono. Per esempio è stato conosciuto che facendo passare per lungo tempo delle

scintille elettriche attraverso una data quantità d'aria atmosferica, il suo volume diminuisce; diminuzione che non sarebbe avvenuta se le scintille elettriche non avessero in lei prodotta alcuna alterazione. È stato pure osservato che l'acqua tinta con sostanza colorante estratta da alcuni fiori, al contatto della scintilla elettrica, si è talvolta alterata nel colore, o questo vi si è tal altra cangiato affatto, come sarebbe, per es., da violetto in rosso. Oltre di questo molti gas ancora si decompongono compiutamente, si decompongono i sali e perfinò l'acqua. Fenomeni tutti che provano con evidenza l'azione chimica che i due fluidi elettrici esercitano sui corpi nell'atto della loro ricomposizione.

Qui noi terminiamo di parlare della elettricità statica, ovvero allo stato di quiete; nel prossimo trattenimento ci faremo a parlare della elettricità dinamica, ossia allo stato di movimento.

TRATTENIMENTO XXVII.

CONTINUA DELL' ELETTRICITÀ

SOMMARIO

Esperienza e teoria del Galvani. — Pila di Volta. — Pila a trogoli. — Pila di Bunsen. — Corrente propria degli animali. — Pesci elettrici. — Torpedine. — Gimnoti. — Organo elettrico dei pesci elettrici.

I fenomeni che noi andiamo a considerare nella elettricità dinamica sono per la fisica di così grande interesse che non solo formano una parte essenziale della scienza ma l'epoca nella quale si cominciò a conoscerli,

segnò un'era novella alla fisica, per le applicazioni che se ne fanno da 50 anni a questa parte. Al celebre Galvani è dovuta l'esperienza fondamentale che condusse i fisici alla scoperta della elettricità dinamica, perciò è detta ancora *Galvanismo.* Ma innanzi di descriverla, dovete sapere, miei cari, che circa venti anni prima era stato osservato, che ponendo la lingua fra due lamine di diverso metallo in modo che all'estremità di essa vengano a toccarsi, si sente subito un sapore piccante, e talvolta accompagnato da una luce che balena davanti agli occhi di chi fa l'esperienza. I metalli diversi o *eterogenei*, come li chiamano i fisici, sono o rame e zinco, o argento e zinco, o argento e oro, ec. Più innanzi noi spiegheremo il fenomeno, al quale non si dette nè importanza nè spiegazione se non dopo l'esperienza del Galvani.

Dirò di questa.

289. **Esperienza e teoria del Galvani.** — Luigi Galvani professore di Anatomia a Bologna, da parecchi anni studiava l'influenza della elettricità sui nervi degli animali, e principalmente della rana. Avvenne un giorno del 1790 che avendo sospesa una rana di recente scorticata alle sbarre di ferro di una finestra con uncino di rame infilato nella midolla spinale, ogni volta che il vento trasportava la rana a contatto delle sbarre di ferro, essa faceva delle forti contrazioni muscolari, cioè ripiegava e moveva le gambe come se fosse stata viva. Ciò osservato il professore, ripetè l'esperienza col mettere in comunicazione, mediante un arco metallico, i nervi detti *lombari* di una rana morta coi muscoli della coscia, e appena la comunicazione fu formata, la gamba si contrasse e si ripiegò con moto istantaneo e violento.

Volendo ripetere cotale esperienza, si scortica una rana viva, poi si taglia al di sotto delle gambe davanti; si ritiene la parte posteriore, ossia la parte del corpo e le gambe di dietro, come indica la figura 133 in A e B B; poi si toglie la materia che ricopre i nervi lombari che sono ai lati della colonna vertebrale, e nella figura indicati dai due cordoncini bianchi e paralleli che verticalmente scendono dal punto A, ed hanno nel mezzo, come abbiamo detto, la colonna vertebrale. Così preparata la rana, si prende un conduttore metallico che presso a poco abbia la forma di quello C D, formato di due archi, uno di rame e l'altro di zinco. Uno dei due, qualunque si voglia, s'introduce in P fra i nervi lombari e la colonna vertebrale, poi si mette l'altro a contatto dei muscoli di una coscia o di una gamba in O. Appena che l'estremità dell'arco D tocca i muscoli, questi si agitano e si contraggono come la figura indica in F F, sicchè la mezza rana morta e scorticata par che riacquisti la vita e pieghi la gamba per voler saltare. Gli stessi movimenti li farebbe pure coll'altra gamba, se dalla punta dell'arco D venisse ella pure toccata.

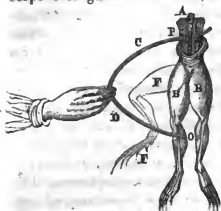



Fig. 133.

Il Galvani veduto questo fenomeno e investigatene le cause, credè di averle rinvenute in una elettricità propria e inerente all'animale; e considerando il muscolo O come una bottiglia di Leida, ed il nervo come

un semplice conduttore, ammise che al momento della contrazione il fluido positivo circolasse dal nervo al muscolo attraverso ai due archi metallici, e dal muscolo al nervo nel corpo della rana.

Comunicata ai dotti la scoperta e la teoria, molti tosto l'adottarono, e la chiamarono *elettricità animale*, o, in onore di lui, *fluido galvanico*.

Ma non mancarono gli oppositori, anzi molti ne sorsero, tra i quali il più potente fu Volta, professore di fisica a Pavía, e già famoso per l'invenzione di alcuni strumenti che spiegano dei fenomeni importanti di elettricità.

Galvani aveva portato la sua attenzione soltanto sui nervi e sui muscoli della rana, il Volta poi la portava anche sui due metalli eterogenei che stabiliscono la comunicazione fra i nervi ed i muscoli. Sicchè egli attribuiva ai due metalli la causa motrice del fenomeno della contrazione. Cominciò dunque una grandiosa lotta fra quei due scienziati. Più il Gálvani accumalava fatti a difesa della sua teoria, e più il Volta cercava di rovesciarla recando in campo altre prove in appoggio della sua opinione. Per un poco fu creduto vincitore il Galvani, in specie quando provò non esser necessario l'arco metallico per eccitare le contrazioni, poichè le si osservano in una rana recentemente spellata, anche quando si mettono in contatto i muscoli delle gambe coi nervi lombari. Ma il Volta subito rispose, ciò non opporsi al suo principio, anzi renderlo più generale; cioè che tutti i corpi conduttori col loro contatto reciproco si elettrizzano sempre l'uno positivamente e l'altro negativamente. In conseguenza sosteneva e provava non esistere una elettricità animale; e succedere le contrazioni nella rana per effetto del

contatto dei due metalli eterogenei, dai quali si sviluppa l'elettricità; in conseguenza i muscoli ed i nervi servire soltanto di conduttori ai due fluidi elettrici.

Le osservazioni del Volta erano assai concludenti; ma lo sviluppo dell'elettricità al contatto di corpi eterogenei non era per anche generalmente ammesso, perchè ne mancavano esperienze dirette. Il Volta non le lasciò desiderare lungo tempo, e col maraviglioso strumento che inventò fornì la prova diretta che chiedevano i dotti per ammettere come indubitata la teoria del contatto. Questa spiegava ancora il fenomeno del sapore piccante, che, come dicemmo, si sente ponendo la lingua fra due lamine di metalli eterogenei; sapore che proviene dall'elettricità che si svolge allorchè due corpi eterogenei sono messi a contatto fra loro; nel qual fenomeno la lingua non esercita altra azione che quella di conduttore ai due fluidi che si svolgono dai metalli. Ma questa teoria del Volta non tardò molto ad incontrare essa pure, come quella del Galvani, molti oppositori. Ed ora per le molte esperienze e pei tanti studii che si sono fatti in proposito, si è universalmente riconosciuto che lo svolgimento di elettricità attribuito dal Volta *soltanto* al contatto di due corpi eterogenei, viene attribuito ancora e *principalmente* ad altre azioni dei corpi che sono chiamate azioni chimiche.

Contuttociò il Volta colla sua teoria e coll'invenzione di quel suo mirabile apparecchio ampliò grandemente i confini della scienza, impresse a questa una direzione novella, e fece immortale il suo nome. — I concittadini di Como commossi dalla gratitudine e dal dolore allorchè in lui cessò una vita sì preziosa, nè paghi dei monumenti che le lettere e le arti avevano

edificato in più luoghi d'Italia alla memoria di quel grande, gli eressero nel 1838 una statua colossale in marmo nella loro città, e per l'inaugurazione di quel monumento coniarono pure una medaglia che fu donata agli ammiratori ed ai seguaci della scienza. Meritate anche voi della patria, miei cari giovanetti, colla scienza e colle azioni gloriose, e troverete in essa il guiderdone alle vostre fatiche. —

290. **Pila di Volta.** — L'apparecchio inventato da Volta e che tosto dileguò tutti i dubbi, ebbe da lui il nome di *pila*, che i fisici dipoi chiamarono *pila di Volta*, o *pila voltaica.* Dopodichè si è dato il nome di pila ad ogni apparato che serve a svolgere l'elettricità dinamica. Il 1800 fu l'anno in cui Volta ne annunziò l'invenzione; e lo formò di una serie di dischi soprapposti gli uni agli altri nell'ordine seguente: un disco di rame, un disco di zinco ed una rotella di panno bagnata d'acqua mista a un acido, perciò detta *acqua acidulata.* Poi ancora un disco di rame, un disco di zinco, una rotella di panno, e così di seguito sempre nello stess'ordine, come si può vedere dalla figura 134. Da ciò la denominazione di pila che si conservò, quantunque quest'apparato abbia ricevuto disposizioni affatto differenti. Perlopiù si saldano insieme a due a due i dischi di zinco e di rame in modo da formare delle coppie separate da rotelle umide e mantenute in posizione verticale da tre cilindri o colonnette di vetro A, B, G, come mostra la figura 134. Questo apparecchio, a motivo della sua forma, venne detto *pila a colonna.*

Collocando la pila sopra un disco di vetro o di resina, i due fluidi elettrici vi si distribuiscono alle due estremità, in una il positivo, nell'altra il nega-

tivo, ambedue partendo dal centro e crescendo in tensione fino all' ultima coppia di ambedue le estremità. La metà terminata da un disco di zinco è carica d' elettricità positiva, e quella terminata da un disco di rame è carica di elettricità negativa. Per la teoria del Volta l' estremità della pila che dà fluido positivo, lo dà perchè termina col disco di zinco, e l' altra svolge il negativo perchè termina col disco di rame.

Al contrario per la teoria ora ammessa generalmente, la sorgente di elettricità è l' azione che esercita l' acqua acidulata delle rotelle sullo zinco; essendosi ormai provato che l' acqua acidulata si elettrizza positivamente, e lo zinco negativamente. Ma siccome lo zinco poi cede per conducibilità il suo elettrico negativo al rame, così si spiega, come il disco di rame che nella figura 134 termina la pila alla sua parte inferiore D, sia elettrizzato negativamente. Dunque nella teoria del Volta, ossia del contatto, una coppia della pila è formata da un disco di zinco e da un altro di rame saldati insieme. Ma nella teoria chimica, per coppia si deve intendere il sistema di un disco di zinco e di un altro di rame, separati da una rotella inzuppata di acqua acidulata.

Fig. 134.

Ma comunque sia e in ambedue le teorie si distinguono nella pila i due poli positivo e negativo, secondo l' estremità nella quale tende ad accumularsi o l' uno o l' altro dei due fluidi. Ma siccome si può sopprimere l' ultimo zinco senza cangiare la distribuzione dell' elettricità, in modo che ciascun polo allora

corrisponde ad un rame, e siccome avviene lo stesso nelle altre maniere di pile che dopo quella a colonna si sono in seguito costruite; ne viene che i fisici non sogliono indicare i poli coi nomi dei metalli ai quali questi corrispondono, perchè ne nascerebbe confusione. Ma invece li determinano secondo l'ordine in cui i metalli sono disposti, e dicono che il polo positivo è sempre situato all'estremità verso la quale sono rivolti i dischi di zinco, ed il polo negativo all'estremità verso la quale sono rivolti i dischi di rame, quantunque la coppia dell'estremità superiore F si faccia terminare, volendo, in un disco di rame come la inferiore D. Avvertasi però che nella disposizione delle coppie dev'esser conservato l'ordine col quale la colonna si è incominciata, tranne quella dell'ultima coppia, ove può mettersi alla superficie F il rame anzichè lo zinco, quantunque sia parimente di rame il primo disco della estremità inferiore D.

Ma noi non abbiamo terminato ancora di descrivere la pila di Volta; mi resta a dirvi il nome e l'azione dei due fili metallici che si partono dalle due estremità della colonna e verso la metà di essa si riuniscono.

Questi due fili sono nella figura 134 indicati da L M, fissati, come si vede, ai poli della pila, e riunendosi nel punto P, fanno comunicare i due poli fra loro, in modo che le estremità di questi fili diventano esse medesime i poli della pila. A questi fili danno i fisici il nome di *elettrodi* o *reofori*; i quali allorchè sono legati insieme e mettono perciò in comunicazione i due poli, ricompongono le due elettricità contrarie. A questa loro ricomposizione dassi il nome di *corrente*. Ora considerati gli effetti di questa pila, come di tutte

le altre, si è verificato che le correnti sono continue finchè gli elettrodi si toccano e finchè le sostanze tutte che compongono l'apparecchio, si mantengono nello stato in cui debbono essere. Le correnti essendo dunque continue finchè durano nell'apparecchio le condizioni necessarie allo sviluppo delle due elettricità, se ne desume che a misura che queste si riuniscono per mezzo del filo congiuntivo, la forza detta dai fisici *elettro-motrice*, o piuttosto l'azione chimica, decompone una nuova quantità di elettricità naturale nella pila, per cui la corrente che comincia appena che i due poli vengono messi fra loro in comunicazione, dura continua finchè questa loro comunicazione, non venga ad esser troncata.

Diremo finalmente che rispetto alla tensione elettrica della pila a colonna, è ormai riconosciuto, che essa dipende principalmente dal numero delle coppie ond'è composto l'apparato; cioè quante più esse sono, e tanto maggiore vi è la tensione della elettricità, indipendentemente dalla superficie maggiore o minore che aver possono i dischi metallici. Volendo si può anche caricarvi una bottiglia di Leida; ma in tal caso bisogna metterne in comunicazione l'armatura interna con un'estremità della pila, avvoltando cioè l'elettrodo corrispondente all'asta della bottiglia, e disponendo l'altro sulla stagnola esterna. Però la carica sarà molto più debole di quella fornita dalla macchina elettrica.

291. **Pila a trogoli.** — I fisici visto che la pila di Volta presenta l'inconveniente che le rotelle di panno, compresse dal peso dei dischi metallici, vengono a spremersi, e presto perdono il liquido onde sono inzuppate, le dettero una diversa disposizione, e vennero a formare una pila, cui si dette il nome di *pila a*

trogoli; la quale è per così dire una pila a colonna orizzontale anzichè verticale, come la formò il Volta.

La pila a trogoli dunque si compone di una cassetta C C della forma che indica la figura 135, intonacata internamente d' una sostanza isolante, chiamata mastice. Le lastre di zinco e di rame B B, saldate tra loro a due a due, formano delle coppie, grandi quanto è profonda e larga la cassetta nel suo interno. Inoltre sono esse incastrate e fissate nel mastice in modo che fra una coppia e l' altra vi è un piccolo intervallo, sicchè vengono a formarsi tanti scompartimenti ai quali dassi il nome di trogoli; donde la denominazione di pila a trogoli. Dentro questi intervalli si versa dell' acqua mescolata a un acido, detto *acido solforico*, la quale produce l' effetto delle rotelle nella pila a colonna. I due poli comunicano fra loro per mezzo di due fili metallici D P, fissati alle due lastre di rame immerse nei due ultimi trogoli. La teoria di questa pila è identicamente la stessa di quella della pila a colonna.

Fig. 135.

Ma la pila di Volta, come quella a trogoli e qualcun' altra simile, formate di due metalli e di un sol liquido, hanno tutte l' inconveniente di dare delle correnti elettriche, la cui intensità decresce assai rapidamente, in specie perchè l' acido solforico che vi è mescolato all' acqua, nel combinarsi collo zinco, perde della sua

attività, e allora non vi è più sviluppo di elettricità, o vi è almeno in quantità piccolissima.

Questa è la ragione per cui sono attualmente quasi poste fuori d'uso, e adoprate invece quelle dette *a due liquidi* che hanno una corrente costante, e che perciò si dicono *pile a corrente costante*, perchè i loro effetti conservano per un certo tempo una intensità quasi costante. La forma di queste pile venne variata assai, ma le più in uso sono la pila di Daniel, quella di Grove e quella di Bunsen.

In queste pile si correggono gl' inconvenienti delle pile ad un sol liquido per mezzo di due liquidi capaci di reagire l' uno sull' altro e separati da una sostanza, che i fisici chiamano diaframma, e che lascia passare facilmente la corrente, ma impedisce ai liquidi di mescolarsi con rapidità. Quindi si fanno immergere i due metalli componenti una coppia in due liquidi diversi e separati fra loro, come si è detto, da un diaframma. Delle tre pile a due liquidi che vi ho nominate, parlerò soltanto di quella di Bunsen, onde abbiate un' idea della costruzione di cotali apparecchi, i quali d' altronde hanno moltissima analogia fra loro e per la forma e per le sostanze impiegate nella loro costruzione.

292. **Pila di Bunsen.** — La *pila di Bunsen* dunque, conosciuta ancora sotto il nome di *pila a carbone*, è lo stesso che la pila di Grove, colla differenza, che alla foglia di platino impiegata da Grove in quel suo apparecchio, il Bunsen sostituì un cilindro composto di carbon fossile e di coke ambedue polverizzati, ben compressi insieme e fortemente riscaldati in una forma di ferro che dà a quella polvere la forma di un cilindro.

Ancora in questa, come nelle pile a un liquido, si formano le coppie. Ciascuna coppia è composta di

quattro pezzi di forma cilindrica, i quali sono di grandezza così graduata che possono facilmente esser collocati l' uno entro l' altro.

Questi pezzi sono: 1° un vaso A (fig. 136) di maiolica o di vetro contenente un liquido composto di acqua e di acido solforico, chiamato in commercio *olio di vetriolo.* 2° Un cilindro B di zinco vuoto nell' interno e senza fondo, alla cui estremità o orlo superiore C è fissata una lamina stretta e sottile di rame destinata a servire di elettrodo negativo col filo D. 3° Un vaso poroso E di terra cotta, nel quale si pone un acido detto *azotico.* 4° Un cilindro di carbone G, preparato nel modo che abbiamo detto, alla cui parte o orlo superiore è fissato un anello di rame al quale è saldata una lamina L, pure di rame, che serve di elettrodo positivo.

Quando si vuol mettere in azione l' apparecchio, lo disponiamo come mostra la figura in M, collocando cioè nel vaso di maiolica ch' è il più grande, e contenente l' acqua mescolata all' acido solforico, il cilindro di zinco B, dentro di questo il vaso di terra cotta E, contenente l' acido azotico e dentro di questo finalmente il cilindro di carbone G. Finchè lo zinco ed il carbone, che hanno i due elettrodi, non comunicano fra loro, la pila è inattiva; ma appena che la comunicazione è stabilita coll' unire insieme i due fili metallici D L, l'azione chimica tosto incomincia. L' acqua nel quale sta immerso lo zinco, è decomposta da questo metallo e dall' acido solforico. Parte di questa decomposizione, ch' è il gas idrogeno, si rende libera e si porta verso l' acido azotico del vaso poroso di terra cotta, e lo decompone trasformandolo in un altro acido, porzione del quale si discioglie, e l' altra porzione

si rende libera. Sicchè si formano due correnti elettriche che prendono la direzione dei due elettrodi, l' uno positivo che corrisponde al carbone, e l' altro negativo che corrisponde allo zinco.

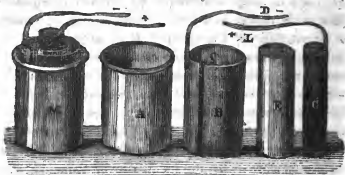



Fig. 136.

Volendo formare un apparato composto, ossia una pila, si dispongono le coppie vicine fra loro in modo che ai cilindri di zinco e di carbone sono fissate delle piccole lamine di rame ricurve che si uniscono per mezzo di viti, facendo comunicare il carbone di ciascuna coppia collo zinco della coppia successiva, e terminando la prima e l' ultima coppia con due elettrodi, uno positivo e l' altro negativo. Di queste coppie se ne uniscono insieme tante, quante ne sono necessarie per le esperienze che si vogliono fare; in alcune delle quali fu tale la tensione dell' elettricità che si volle, che ne fu portato il numero fino a 800.

È ormai riconosciuto che la pila di Bunsen è la più energica delle pile a corrente costante, e in conseguenza la più usitata, quantunque essa pure non sia priva di alcuni inconvenienti, ma sempre minori di quelli che si manifestano nelle pile ad un liquido solo.

Dovrei ora parlarvi dei diversi effetti della pila, ma credo che non sarà inopportuno, dopo avervi descritto l'esperienza e la teoria del Galvani, il farvi saper qualche cosa intorno a quella che i fisici chiamano *corrente elettrica propria degli animali.*

293. **Corrente propria degli animali.** — Voi già sapete, miei cari, come l'elettricità animale sia stata un soggetto di viva discussione fra i naturalisti. Alcuni, fra i quali i nostri dotti fisici, professori Nobili e Matteucci, fecero dopo Galvani numerose ricerche sopra questo argomento. Il Nobili, pel primo, verificò con molte ed accurate esperienze, esistere nel corpo delle rane una corrente elettrica, che egli chiamò *corrente propria della rana.*

Il prof. Matteucci ottenne degli effetti analoghi a quelli ottenuti dal Nobili sulla rana, formando una pila di cosce di rane spogliate della pelle. In seguito egli formò un'altra pila impiegando più pezzi di muscolo di bove recentemente ucciso, e da questi, come da quelli delle rane opportunamente disposti e messi in comunicazione fra loro, ottenne una corrente elettrica.

Più recentemente il fisico Du Bois-Reymond fece conoscere per mezzo di accurate esperienze che una corrente elettrica esiste pure nel nostro corpo.

Ma oltre a questo, ciò che più evidentemente prova l'esistenza della elettricità animale sono i pesci elettrici.

294. **Pesci elettrici.** — Chiamansi *pesci elettrici* alcuni pesci che hanno la singolare proprietà di produrre nelle persone dalle quali vengano irritati, delle scosse paragonabili a quelle della bottiglia di Leida. Vi sono parecchie specie di pesci elettrici, ma i più conosciuti sono la *torpedine*, il *gimnoto* ed il *siluro.* La

torpedine assai comune nel Mediterraneo è stata studiata con molta cura dal prof. Matteucci e da alcuni fisici di Francia. Il gimnoto fu studiato in Inghilterra dal celebre Faraday, fisico inglese, e nell' America Meridionale da Bompland e da Humboldt, il nestore dei sapienti europei, forse di tutti il più grande; ma sventuratamente morto il 6 maggio di quest' anno 1859.

La scossa che danno i pesci elettrici serve loro di arme offensiva e difensiva, dipende dalla loro volontà, ma s'indebolisce di mano in mano che si rinnuova, e che questi animali perdono della loro vitalità, perchè l' azione elettrica produce subito in essi un grande spossamento. Dirò della torpedine.

295. **Torpedine.** — Fino da' tempi antichi era noto che toccando una torpedine viva, produceva una commozione da intorpidire il braccio; per cui fu chiamata *pesce magico*. I pescatori sapevano pure che ella dava scosse volontariamente o per difendersi o per ammazzare i pesci dei quali vuole nutrirsi; ed anche i nostri pescatori non ignorano per pratica, che se prendono in mano una torpedine, le scariche elettriche sono così forti e sì frequenti, che sono costretti di lasciarla, e per qualche tempo ne hanno le braccia intorpidite.

Il prof. Matteucci esponendo le conseguenze delle sue ricerche sui fenomeni elettrici di questo pesce fra le altre cose dice che la scarica elettrica delle torpedini e la direzione di essa dipende dalla volontà dell' animale; che l' elettricità è sviluppata da un organo particolare detto *organo elettrico*, dipendente dalla volontà; e che il dorso del pesce è il polo positivo, e il ventre è il polo negativo.

296. **Gimnoti.** — In quanto ai Gimnoti l' Humboldt insieme col Bompland fece in America osserva-

zioni curiosissime sulle abitudini di questi pesci singolari (ivi chiamati anche *anguille del Surinam*) e sui mezzi per pescarli. Eccovi un brano, miei cari, della relazione del loro viaggio.

« Partimmo il 9 Marzo di buon mattino pel piccolo villaggio di *Rastro de Abaxo*; di là gl' Indiani ci condussero ad un ruscello che in tempo di siccità forma un bacino d'acqua fangosa, cinto da belle piante, da amiri e da mimose di fiori odorosi. La pesca dei gimnoti è difficilissima a cagione dell'agilità colla quale entrano nella melma come i serpenti . . . . . . Gl' indiani ci dissero che andavano a pescare coi cavalli. Non ci riuscì di formare un'idea di siffatta pesca straordinaria; ma presto vedemmo le nostre guide tornare dalle *savane* (pianure con pascoli) di dove si sospingevano innanzi circa una trentina fra cavalli e muli non domi, e li forzavano a entrar nel pantano.

« Il romore straordinario prodotto dallo scalpitar dei cavalli fa uscir della melma i pesci e li eccita al combattimento. Queste anguille giallastre e livide, simili a grandi serpenti aquatici, nuotano alla superficie dell' acqua, si stringono sotto il ventre dei cavalli e dei muli; ed una lotta fra animali di un organismo sì diverso presenta il più curioso spettacolo. Gl' Indiani, armati di ramponi e di canne lunghe e sottili, circondano strettamente la palude; alcuni di essi salgono sugli alberi, i cui rami si stendono orizzontalmente sulla superficie delle acque; e coi loro urli selvaggi e colle verghe impediscono ai cavalli di salvarsi coll' afferrar la riva dello stagno. Le anguille sbalordite dal fracasso, si difendono con replicate scariche delle loro batterie elettriche, e per lungo tempo sembrano vincitrici. Molti cavalli soccombono alla violenza

dei colpi invisibili che ricevono da ogni parte negli organi più essenziali alla vita; storditi dalla forza e dalla frequenza delle scosse, spariscono sott' acqua; altri sbuffando, irta la criniera, gli occhi stralunati, ed esprimendo l' angoscia, si rialzano, e cercano sfuggire alla tempesta che li sorprende. Ma son respinti dagl' Indiani in mezzo all' acqua. Pure alcuni, sebbene in piccol numero, giungono a deluder la vigilanza attiva dei pescatori, guadagnan la riva, inciampano ad ogni passo, si sdraiano sulla sabbia spossati dalla fatica e colle membra intorpidite per le scosse elettriche dei terribili gimnoti.

« In meno di cinque minuti due cavalli erano annegati. L' anguilla avendo cinque piedi di lunghezza, e serrandosi al ventre del cavallo, fa una scarica con tutta l' estensione del suo organo elettrico, ed attacca insieme il cuore, le viscere ed i nervi del ventre e del petto. È naturale che l' effetto provato dai cavalli sia più potente di quello che il pesce medesimo fa provare all' uomo, quando questo lo tocca con una mano. I cavalli probabilmente non sono ammazzati, ma semplicemente rimangono sbalorditi, ed affogano per non potersi più alzare dal fondo dello stagno a cagione delle continue scariche che ricevono dai gimnoti.

« Noi temevamo che la pesca terminasse colla morte successiva dei cavalli coi quali si faceva. Ma a poco a poco l' impeto di questo disuguale combattimento scemò: i gimnoti stanchi si dispersero, avendo bisogno di lungo riposo e di abbondante nutrimento per riparare le perdute forze galvaniche; mentre i cavalli sembravano meno spaventati, non rizzavan più la criniera, ed i loro occhi esprimevano minor paura. I gimnoti si accostarono timidamente alla riva

della palude, ove furon presi per mezzo di ramponi attaccati a lunghe corde. Quando le corde son bene asciutte gl'Indiani sollevando il pesce in aria non provano commozioni. In pochi minuti avemmo cinque grandi anguille, quasi tutte erano leggermente ferite, ed altre furon prese verso la sera col medesimo mezzo.

« Non possiamo esporci senza risentirne dolore alle prime scosse che dà un gimnoto grande e fortemente irritato. Se per caso si riceve una scarica prima che il pesce sia ferito o stanco, il dolore e l'intorpidimento sono sì violenti, ch'io non saprei come esprimere la natura del sentimento che provasi. Non mi ricordo di aver mai ricevuto dalla scarica di una gran boccia di Leida una commozione più terribile di quella che provai mettendo imprudentemente i due piedi sopra un gimnoto allora allora estratto dall'acqua. Per tutto il resto della giornata provai un vivo dolore nelle ginocchia e in quasi tutte le giunture.

« La temperatura delle acque nelle quali vivono abitualmente i gimnoti è tra i 26 e i 27 gradi. Dicesi diminuir la loro forza elettrica in acque più fredde; ed è assai notabile, come già osservò un celebre fisico, che gli animali dotati d'organi elettromotori, i cui effetti riescan sensibili all'uomo, non si trovin nell'aria, ma bensì in un fluido conduttore dell'elettricità. Il gimnoto è il più grande dei pesci elettrici, ne ho misurati alcuni che avean dai cinque piedi e tre pollici di lunghezza; e gl'Indiani ci assicuravano di averne veduti anche de'maggiori . . . . In generale è assai notabile che nessun pesce elettrico finora scoperto nelle diverse parti del mondo, è coperto di squamme. »

Tale la relazione che dei gimnoti fece il celebre Humboldt in uno dei suoi viaggi. Ora dirò qualche cosa dell'organo elettrico di questi animali.

297. **Organo elettrico dei pesci elettrici.** — Nei vari pesci elettrici l'organo da cui sviluppasi l'elettricità ha le medesime apparenze, sebbene differisca nella forma, nella disposizione e nella grandezza.

Il prof. Matteucci e gli altri fisici che hanno accuratamente esaminato l'organo della torpedine, lo dividono in due parti simetricamente disposte da ciascun lato della testa e appoggiate contro le branche. Vi si vede fra le altre cose una gran quantità di piccoli corpi, simili a granelli di riso addossati gli uni agli altri in modo che somigliano un favo.

In quanto ai gimnoti lo stesso Matteucci fra le altre cose riferisce che le parti anteriori del loro corpo sono sempre il polo positivo, le posteriori il negativo. La loro scarica elettrica si dice essere forte quanto quella di una batteria di circa quindici bottiglie di Leida; onde non dee far maraviglia se un cavallo resti ucciso dalle ripetute scariche di una batteria così potente che ha in se il gimnoto. È stato osservato che gettando un pesce nell'acqua in cui conservavasi un gimnoto, subito questo si piegò intorno al pesce in modo da formare un circuito entro cui rimase il pesce. Il colpo elettrico non tardò, ed il pesce, come fulminato, rimase senza moto. Il gimnoto girò più volte intorno alla sua preda, come se la guardasse, e poi la inghiottì.

Tali, miei cari, le maraviglie che, sparse nella natura, si manifestano all'occhio indagatore dell'uomo, il quale ne fa tesoro per ampliare i confini delle scien-

ze che danno essenzialmente il carattere alla moderna civiltà.

Nel prossimo trattenimento parleremo dei diversi effetti della pila.

TRATTENIMENTO XXVIII.

CONTINUA DELL' ELETTRICITÀ

SOMMARIO

Diversi effetti della pila. — Albero di Saturno. — Galvanoplastica. — Doratura e inargentatura galvanica. —

298. **Diversi effetti della pila.** — Nel passato trattenimento noi parlammo delle pile, in questo diremo qualche cosa dei loro effetti, i quali si dividono, come quelli della elettricità statica, in *fisiologici*, *calorifici*, *luminosi* e *chimici*. Però differiscono da quelli dell' elettricità statica, perchè questi sono dovuti ad una ricomposizione istantanea delle due elettricità a forte tensione, mentre i primi risultano dalla ricomposizione lenta ed a tensione molto più debole degli stessi fluidi quando i due poli della pila sono congiunti per mezzo di un conduttore. Gli effetti delle correnti sono molto più notevoli di quelli delle macchine elettriche per la continuità della forza che li produce.

Voi sapete miei cari che si chiamano *fisiologici* gli effetti prodotti dalla pila sugli animali vivi o morti, come pure sapete che questi effetti furono osservati i primi, e ad essi è dovuta la scoperta dell' elettricità

dinamica fatta dal Galvani sulla rana. Questi effetti dunque consistono in scosse e contrazioni muscolari molto energiche se le pile sono potenti.

Difatto se si prendono nelle due mani gli elettrodi di una forte pila, si risente una violenta scossa paragonabile a quella della bottiglia di Leida. La scossa è tanto più intensa quante più sono le coppie; in fatti con una pila di Bunsen di 50 a 60 coppie la scossa è forte, con 150 a 200 coppie non si sopporta, e qualora sia prolungata, continuando cioè a tenere nelle due mani i due elettrodi, può essere anche dannosa. Però se la scossa è trasmessa in una catena di parecchie persone, generalmente è sentita da quelle soltanto che si trovano più vicine ai poli della pila.

La scossa della pila, come quella della bottiglia di Leida, voi sapete ch'è dovuta alla ricomposizione delle due elettricità contrarie, ma con questa differenza che la scarica della bottiglia essendo istantanea, è istantanea pure la scossa da lei prodotta, e colla pila che si ricarica subito dopo che si è scaricata, le scosse si succedono con prodigiosa rapidità.

Molte e di diverse maniere sono state le esperienze fatte sugli animali vivi e morti colla corrente elettrica della pila, e furono perfino richiamati in vita dei conigli già da mezz'ora asfissiati; e la testa di un uomo così malvagio, che per punizione dei suoi misfatti era stato sul patibolo decapitato, messa in comunicazione coi poli di una pila, provò delle contrazioni così orribili, che gli spettatori ne furono spaventati. Il tronco di lui sottoposto alla medesima azione delle correnti elettriche, si sollevò in parte, le mani si agitarono, percossero con forza gli oggetti vicini, ed i muscoli del petto imitavano il movimento medesimo che noi

si fa quando respiriamo; dimodochè pareva proprio che respirasse; e tutti gli atti della vita si riproducevano in modo maraviglioso, come se quel corpo fosse tornato a vivere dopo essere stato separato dalla testa. Ma ogni movimento ed ogni fenomeno apparente di vita in lui cessò, ed immobile giaciuto a terra rimase tostochè cessò sopra i suoi nervi ed i suoi muscoli la corrente elettrica della pila.

I medici ravvisati gli effetti della pila sul corpo di un animale morto, hanno talvolta sottoposto a scosse elettriche alcuni infermi nella speranza di migliorare in essi le condizioni della loro salute; ma non potrei assicurarvi se in generale i risultati sieno stati molto soddisfacenti.

Ciò in quanto agli effetti fisiologici; diremo ora degli effetti *calorifici*.

Voi già sapete che per una scarica della batteria elettrica attraverso un filo metallico, questo si scalda, diventa incandescente, si fonde e si volatilizza secondo che sia più o meno lungo e più o meno grosso. Ora lo stesso effetto si produce con una pila potente, cioè si fondono tutti i metalli e perfino quelli che lungo tempo resistono al fuoco più intenso. Basta una pila di Bunsen di 30 a 40 coppie per fondere e volatilizzare con rapidità un sottil filo di piombo, di stagno, di zinco, di rame, d'oro, d'argento, di ferro ed anche di platino che tra i metalli è il più compatto e il più resistente all'azione del calorico; e tutti mandano vive scintille diversamente colorate. Il ferro ed il platino abbruciano con luce bianca e brillante, il piombo con luce purpurea, lo stagno e l'oro con luce bianca azzurrognola, lo zinco con luce mista di bianco e di rosso, e finalmente il rame e l'argento danno una luce verde.

Veniamo a parlare degli effetti *luminosi.*

Dopo il sole la pila elettrica è la sorgente di luce più intensa che mai si conosca. I suoi effetti luminosi si manifestano o con scintille o coll' incandescenza delle sostanze che riuniscono i due poli.

Per ottenere delle scintille quando la pila è abbastanza potente, si avvicinano i due elettrodi, ma non si legano insieme; anzi si lascia fra loro un piccolo intervallo. Così disposti si vedono allora scorrere delle vive scintille, le quali si succedono con tale rapidità da produrre una luce continua. Non sono meno rimarchevoli gli effetti luminosi per l'incandescenza dei conduttori che vengono attraversati dalle correnti elettriche di una pila. Un filo di ferro, per es., o di platino che riunisca i due poli di una forte pila, e che sia abbastanza grosso da non esser fuso, diventa e si mantiene incandescente e manda una luce vivissima per tutto il tempo che la pila rimane in azione; e l'effetto luminoso è anche maggiore e più bello, se il filo sia avvoltato sopra se stesso a spirale o ad elice.

Ma un bell'effetto di luce elettrica si ottiene soprattutto facendo comunicare i due elettrodi della pila con due pezzi di carbone di coke tagliati a cono e disposti colle sommità uno in faccia all'altro, e ciascuno in comunicazione con un polo della pila. Succede allora che nel piccolo spazio che rimane fra le punte dei due coni si stabilisce una continua corrente così luminosa che i nostri occhi non possono comportare. Tanto è intensa e brillante la luce elettrica. Per averne in qualche modo un'idea vi basti sapere, miei cari, che con un apparecchio immaginato dal fisico francese Deleuil, nel quale si mandava una corrente elettrica con una pila di Bunsen composta di 50 cop-

pie, vennero illuminati per una parte dell' estate 1850 i bagni di Pont-Neuf sulla Senna a Parigi. Ivi la luce era così intensa che un nuotatore poteva scorgere una piccola moneta d' argento del valore di 50 centesimi, presso a poco della grandezza di un paolo toscano, nel fondo del fiume. Più recentemente ancora quello stesso apparato illuminò per quattro mesi consecutivi il vasto locale ove moltissimi operai lavoravano alla costruzione delle darsene Napoleone; così chiamati gli edifizi costruiti per ordine dell' attuale imperatore dei Francesi Napoleone III, e destinati all' architettura navale. Due erano gli apparati, di 50 coppie di Bunsen ciascuno, che davano lume continuo a 800 operai colla tenuissima spesa in tutto di 14 franchi e 55 centesimi per ogni sera, che equivalgono a circa venticinque paoli toscani. E con una spesa così tenue si ottiene una luce di molto maggiore a quella di 600 candele, quando le coppie sieno del modello che i fisici chiamano grande; perchè rispetto alla luce hanno essi verificato che quanto maggiore è la superficie delle lastre metalliche componenti le coppie della pila, e tanto più intensa è la luce. Al contrario negli effetti fisiologici quanto maggiore è il numero delle coppie, e con tanta maggior tensione agisce il fluido elettrico sul corpo animale.

Sembra che ancora gli effetti *chimici* della pila dipendano, come i fisiologici, piuttosto dal numero delle coppie che dalla loro grandezza. In fatti quanto maggiore è il numero delle coppie, e più sollecita è la decomposizione dell' acqua, dei sali, degli acidi e di altre sostanze composte.

La decomposizione dei sali per mezzo della pila ricevette delle importanti applicazioni nella così detta

galvanoplastica, nella doratura e inargentatura; delle quali operazioni noi parleremo dopo che vi avrò detto che cosa sia l' Albero di Saturno.

299. **Albero di Saturno.** — Il così detto *albero di Saturno* è il risultato dell' azione di un metallo sopra un altro metallo disciolto in un liquido. Il metallo non disciolto è lo zinco; il metallo disciolto è il piombo, ed il liquido è dai chimici chiamato *acetato di piombo* che per essi è una soluzione salina, contenente cioè un metallo ed un acido ch' è l'aceto. La dicono soluzione salina, perchè il metallo è disciolto in un acido allo stato liquido, mentre si chiama semplicemente sale il corpo composto di un metallo e di un acido allo stato solido.

Per ottenere dunque questo risultato si prende una boccia di cristallo vi si dispongono dentro dei fili d' ottone in modo che si partano dal fondo della boccia, e vengano poi a divergere fra loro come i ramoscelli di una pianta. Si empie quindi la boccia di acetato di piombo limpidissimo, poi si chiude accuratamente con un turacciolo di sughero, al quale è fissato un pezzo di zinco. Questo metallo mentre che pesca nel liquido deve stare a contatto coi fili d'ottone. Così preparata la boccia, si lascia in quiete, cioè senza punto agitarne il liquido; e dopo alcuni giorni si vedono depositarsi sui fili d'ottone delle brillanti laminette di piombo cristallizzato, per l' azione che ha lo zinco sopra questo metallo, cioè di separarlo dall' acido acetico nel quale è disciolto in minutissime molecole. Queste nell' atto di separarsi dal liquido si attaccano intorno intorno ai fili d' ottone ed assomigliano ad una vegetazione molto curiosa a vedersi, e della quale è impossibile rendersi ragione da

chi ne ignori le cause. A questa specie di vegetazione vien dato il nome di albero di Saturno, perchè gli antichi alchimisti chiamavano Saturno il metallo che noi chiamiamo piombo.

Ora passeremo a parlare della galvanoplastica.

300. **Galvanoplastica.** — Abbiamo già avvertito che la decomposizione dei sali operata dalla pila ricevette un' importante applicazione nella *galvanoplastica* Si è dato un tal nome all'arte di modellare i metalli precipitandoli, ovvero separandoli dalle loro soluzioni saline per mezzo dell'azione lenta di una corrente elettrica. Quest' arte fu inventata nel 1838, quasi contemporaneamente da Spencer in Inghilterra e da Jacobi in Russia; e principalmente s'impiega per riprodurre monete, medaglie, bassi rilievi e altro di simile.

Allorchè vogliamo riprodurre, per es., una medaglia, bisogna prima procurarsene una impronta in incavo, vale a dire che tutte le parti della superficie che nella medaglia sono in rilievo e sporgono in fuori, nell' impronta vengono a formare tanti affossamenti concavi, come naturalmente avviene comprimendo una sostanza molle e cedevole sopra un corpo solido; questo vi lascia l' impronta delle sue forme.

Della medaglia che vogliamo riprodurre per mezzo della galvanoplastica è necessario di avere un' impronta precisa in incavo, onde possano depositarsi in tutte le sue concavità e sinuosità e solcature le molecole metalliche, le quali sovrapponendosi le une alle altre e agglomerandosi insieme, vengano a formare lo strato metallico che deve riprodurre la medaglia in rilievo.

Se questa è di metallo, la maniera più semplice per fare la forma è quella di adoprare una certa lega

metallica che facilissimamente si fonde al fuoco, e che dal nome del suo inventore, si chiama lega fusibile di d'Arcet. È composta di 5 parti di piombo, di 8 di bismuto, e di 3 di stagno, tutti tre metalli che si fondono insieme in una sottocoppa di metallo poco profonda, e vengono a formare un solo metallo, o più propriamente una lega metallica. Fuso che sia, quando è vicino a solidificarsi, il che fa di mano in mano che si raffredda, vi si lascia cadere la medaglia in piano da una piccola altezza, procurando dipoi che la sottocoppa non sia più disturbata da alcun movimento finchè la lega non si sia ben raffreddata. La medaglia poi vi dev'esser fatta cadere da una piccola altezza ed in piano, acciò non si affondi nella sottocoppa, il che succedendo, conviene estrarnela subito; perchè per fare l'impronta in cavo delle due facce della medaglia, bisogna farne una per ciascuna faccia separatamente. Per la qual cosa sono necessarie due riproduzioni galvanoplastiche per rappresentare le due facce sì di una medaglia come di una moneta qualunque.

Raffreddata che sia la lega fusibile di d'Arcet, basta darle una piccola scossa perchè la medaglia si stacchi e lasci scoperta la sua impronta che in incavo è la copia esatta di tutte le parti della medaglia, perchè la lega allo stato liquido ha potuto, non disturbata da alcun movimento, penetrare entro tutte le sinuosità della medaglia e raffreddarsi dentro quelle, come sopra le parti in rilievo.

Ottenuta in questo modo l'impronta, o, come pure si chiama, la *forma*, si cinge con un filo di rame destinato a porla in comunicazione col polo negativo della pila, poi si ricopre il suo contorno e la

faccia posteriore con un sottile strato di cera facendovela cader sopra dopo di averla fusa al fuoco, onde ottenere che il deposito metallico si precipiti soltanto sull'impronta, e non sulla sua faccia posteriore. Il che non succede appena sia ricoperta di cera che non è conduttore dell'elettricità. Mentre ciò non facendo, l'impronta rimarrebbe tutta scoperta dal metallo depositatovi sopra.

Ciò fatto, per riprodurre, per es., in rame una medaglia, si prende una cassetta di terra cotta A (fig. 137) e si riempie di un liquido composto d'acqua e di acido solforico, che tenendo disciolto del rame, è dai chimici chiamato *soluzione di solfato di rame*. Sugli orli della cassetta si collocano due verghe di ottone B C che comunicano una col polo positivo P, e l'altra col negativo N di una coppia di Bunsen. Si sospende alla verga B, che comunica col polo negativo N, la forma, e all' altra verga C, che comunica col

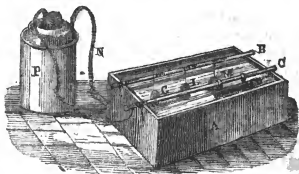



Fig. 137.

polo positivo P, una piastra di rame D; e così vien chiuso quello che i fisici chiamano *circuito*, ossia l'unione delle estremità libere dei due poli della pila

mediante un filo metallico che forma l'arco interpolare nel quale la corrente elettrica va dal polo positivo al negativo.

Ora succede che per l'azione della piastra di rame il solfato di rame contenuto nella cassetta vien decomposto, il suo acido e l'ossigeno che contiene si portano al polo positivo P, ed il solo rame che vi è disciolto in minutissime molecole, si porta al polo negativo N, col quale è in comunicazione, come si è detto, la forma. Sopra questa si depositano lentamente le molecole di rame. Dopo quarantott'ore la forma è coperta di uno strato di rame solido e resistente, ma non però aderente, ossia attaccato alla forma medesima. Però onde impedire totalmente l'aderenza della riproduzione colla forma, si usa di strofinar questa, prima d'immergerla nella cassetta, con una spazzola fine leggermente cospersa di una sostanza grassa, o si passa rapidamente sulla fiamma di una sostanza resinosa onde formarvi uno strato di materia che impedisca ai metalli della forma di aderire al rame della riproduzione.

Si possono però sospendere più forme in una volta come nella figura indicano i punti G, L, M; ed avere in un medesimo tempo più riproduzioni esatte esattissime delle medaglie di cui abbiamo fatte le forme. Queste, volendo, si possono fare ancora di gutta perca liquefatta, di cera, e di stearina ch'è una specie di cera; ma allora bisogna coprirne la superficie di un buon conduttore, e per questo si suole adoprare una sostanza cui dassi il nome di piombaggine, ed allora la corrente elettrica agisce sopra queste forme, come se fossero di metallo.

La piastra di rame D collocata al polo positivo serve ancora a mantenere la soluzione abbondante di

rame come dev' essere infatti l' acido e l' ossigeno che si portano al polo positivo, si combinano col rame della piastra, e riproducono costantemente una quantità di solfato di rame eguale a quello che venne decomposto dalla corrente elettrica. Per cui la piastra adagio adagio va a consumarsi, e col tempo vuol esser sostituita da un' altra.

Verremo ora a parlare della così detta doratura galvanica.

301. **Doratura galvanica.** — Ma non alla sola riproduzione delle medaglie, delle monete, dei bassi rilievi ec. è stata utilmente applicata dall'ingegno dell' uomo la decomposizione dei sali per mezzo della pila; anche per la doratura dei metalli, quali sarebbero rame ed argento, si adopra utilmente la pila.

Questa operazione differisce dalla galvanoplastica solo perchè lo strato metallico che si fa depositare sugli oggetti che vogliamo indorare, è molto più sottile e più aderente. A questo effetto i pezzi metallici devono esser prima ben bene scaldati per toglierne le sostanze grasse che possono avere a superficie, depositatevi dalle mani degli operai che li hanno maneggiati per ridurli nella forma che devono avere.

Ora in questa scaldatura i pezzi, che per lo più sono di rame, si cuoprono a superficie di una certa patina o strato, rimanendovi il quale, la doratura non verrebbe nitida. Per togliere anche questa, s' immergono più volte nell' acqua mista ad alcuni acidi; dopodichè si sospendono all' elettrodo negativo di una pila, contenente un liquido che tien disciolto dell'oro insiem con altre sostanze che facilitano l' aderenza di questo metallo col rame. E per mantener nel liquido la dose d' oro necessario, si sospende all'elettrodo po-

sitivo una lamina d'oro, la quale si discioglie a misura che l'oro della soluzione si depone sui pezzi in comunicazione col polo negativo.

Questo medesimo processo si applica per indorare anche l'argento, il bronzo, l'ottone, il pacfong ec.

302. **Inargentatura galvanica.** — Tutto ciò che si è detto sulla doratura galvanica, si applica esattamente anche all'inargentatura, tranne che la soluzione anzichè esser d'oro, è d'argento disciolto nelle medesime sostanze nelle quali è disciolto l'oro; come pure la piastra sospesa all'elettrodo positivo è d'argento, la quale disciogliendosi nel liquido, fornisce a questo l'argento che di mano in mano va perdendo nei pezzi metallici, che, sospesi all'elettrodo negativo, vengono a coprirsi di un sottile strato d'argento.

La soluzione, ovvero la composizione dei bagni si è col tempo variata moltissimo, e le dosi più usitate si calcolano a grammi, ch'è una misura di pesi francese. Il bagno d'oro si compone di due sostanze diverse disciolte nell'acqua, alle quali i chimici danno i nomi di *cloruro d'oro*, e di *cianuro di potassio.* Il cloruro d'oro vi entra per un grammo, il cianuro di potassio per dieci grammi, il tutto disciolto in dugento grammi d'acqua.

Nel bagno d'argento, il cianuro d'argento vi entra per due grammi, il cianuro di potassio per dieci grammi, e l'acqua per 150 grammi. Con tali composizioni voi potete miei cari eseguire dorature e inargentature galvaniche di quanti oggetti metallici vogliate.

Lo studio del telegrafo elettrico ci occuperà nel trattenimento successivo.

TRATTENIMENTO XXIX.

CONTINUA DELL'ELETTRICITÀ

SOMMARIO

Elettromagnetismo. — Azione della corrente sull' ago calamitato. — Magnetizzazione per mezzo delle correnti elettriche. — Elettro-calamite o calamite temporanee: — Telegrafi elettrici. — Telegrafo a quadrante. — Telegrafo scrivente. Pantelegrafo del Caselli. —

Noi siamo arrivati al punto, miei cari, colle nostre ricreazioni di dover parlare del telegrafo elettrico ch' è forse la più grandiosa creazione sorta dall' ingegno dell' uomo, mediante la quale è ormai aperta la pronta comunicazione di tutte le parti del mondo fra loro; e se prima erano necessari mesi ed anni per far giungere notizie ai più remoti angoli della terra abitata, oggi bastano pochi istanti, perchè l' elettrico che ne è il portatore, eguaglia in velocità, se non supera, la luce medesima.

Prima però di venir a parlare dei telegrafi, è necessario che abbiate qualche idea intorno a ciò che chiamasi elettro magnetismo.

303. **Elettro-magnetismo.** — Voi già sapete che quando in una pila è chiuso il circuito da un corpo conduttore che ne riunisce i due poli, sparisce ogni segno di elettricità libera; e la corrente che percorre il circuito chiuso produce o l' incandescenza dei fili metallici, o altri fenomeni già esposti.

Nel 1819 Oersted, professore di Chimica a Copenaghen, scoprì questo fatto rimarchevole quanto inaspettato

spettato, cioè, che un ago magnetico posto parallelamente ed in vicinanza ad un filo metallico che unisce i due poli di una pila, risente l'azione della corrente elettrica che passa pel filo, in modo che l'ago magnetico sia collocato sotto o sopra ad esso, devia tanto da formare angolo retto ora in un senso, ora in un altro colla direzione della corrente. Se si pone parallelamente o a destra o a sinistra della corrente, s'inclina ora da un lato ora dall'altro, e la direzione di tali spostamenti cangia a seconda che l'elettricità che parte dal polo positivo per andare al negativo, viene da una parte piuttosto che da un'altra relativamente alla posizione dei due poli dell'ago magnetico. Ora dunque la forza che agisce così fra la corrente della pila ed il magnetismo dell'ago chiamasi forza *elettro-magnetica*; e si è dato perciò il nome di *elettro-magnetismo* alla parte della fisica che tratta delle azioni reciproche fra le calamite e le correnti.

304. **Azione della corrente sull' ago calamitato.** — Per produrre i fenomeni elettro magnetici,

Fig. 138.

si distende orizzontalmente un filo di rame A B (fig. 138) nella direzione dei due poli sud e nord, al di sopra di un ago magnetizzato C, mobile sopra un

pernio come rappresenta la figura. Se il filo A B non è attraversato da una corrente, l'ago gli rimane parallelo; ma appena che le estremità D E del filo sono poste in comunicazione con gli elettrodi di una pila, l'ago è deviato, e, come indica la figura, si accosta tanto più a prendere una direzione perpendicolare alla corrente, quanto più questa è intensa.

Il fisico Ampère per esprimere con facilità questi rapporti di posizione e di direzione immaginò un paragone ingegnoso quanto bizzarro. Non si contentò di assegnare una direzione alla corrente, ma le dette una testa, i piedi, un lato destro ed un lato sinistro; in somma la personificò. Ed in questa sua curiosa immaginazione suppose una figurina (fig. 139) distesa sul filo che congiunge i due elettrodi, colla faccia sempre rivolta all'ingiù ossia all'ago che le riman sotto, coi piedi dalla parte per cui entra la corrente cioè dall'elettrodo D ch'è il polo positivo, e colla

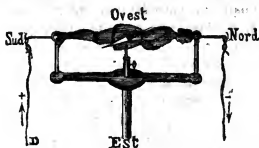



Fig. 139.

testa dalla parte a cui va, cioè verso il polo negativo della pila. Per tal modo la corrente entra pei piedi ed esce per la testa della figurina. Ora l'effetto della corrente è sempre tale che l'ago si dispone in croce colla direzione del filo, e col polo australe verso la

sinistra della figurina. Cotal fenomeno si esprime dicendo: *l' ago s' incrocia colla direzione della corrente in modo che il suo polo australe rimanga a sinistra.*

305. **Magnetizzazione per mezzo delle correnti elettriche.** — Dietro l' influenza che esercitano le correnti sulle calamite, deviandone, come abbiamo detto, il polo australe a sinistra ed il polo boreale a destra, è facile l' immaginare che le correnti, avendo azione sulle sostanze magnetiche allo stato naturale, debbono tendere a separare i due fluidi magnetici. In fatti si osserva che avvolgendo un filo percorso da una corrente nella limatura di ferro, questa vi si attacca in gran quantità, e ricade appena cessa la corrente.

In conseguenza volendo magnetizzare coll'elettricità una spranga di ferro, basta cingerla in tutta la sua lunghezza con un filo di rame coperto di un filo di seta, onde isolare l' uno dall' altro i circuiti del filo, nei quali l' azione della corrente resta ancora moltiplicata. E così per ottenere una forte magnetizzazione basta una corrente poco-intensa, ed anche la scarica di una bottiglia di Leida mettendone in comunicazione uno dei capi coll' armatura esterna, e l' altro coll'armatura interna. Di qui la formazione delle così dette elettro-calamite, o calamite temporanee.

306. **Elettro calamite, o calamite temporanee.** — Chiamansi dunque *elettro-calamite*, certe spranghe di ferro che si magnetizzano, ovvero si fa loro acquistare le proprietà della calamita, sotto l'influenza d' una corrente elettrica derivata da una pila. Sono anco dette *calamite temporanee* perchè le proprietà della calamita sono in esse temporanee, cioè vi durano finchè la corrente continua a passare nel filo di rame;

cessata la quale i due fluidi magnetici si neutralizzano, nè più si manifesta alcun fenomeno magnetico.

Generalmente le calamite temporanee si dispongono a ferro di cavallo A A, come mostra la figura 140, e si avvolge sui due rami per moltissime volte un filo di rame, coperto di seta in modo da formare due rocchetti B C. In essi però il filo dev'essere avvolto in senso contrario onde le due estremità D E della spranga riescano due poli di nome contrario.

Fig. 140.

Queste calamite sviluppano una gran forza attraente, e sostengono grandi pesi per mezzo di una grossa spranga di ferro munita di un'àncora M.

Ora noi vedremo le importanti applicazioni delle calamite temporanee ai telegrafi elettrici.

307. Telegrafi elettrici. — I telegrafi elettrici sono apparati che servono a trasmettere dei segnali o parole a grandi distanze per mezzo di correnti di una pila condotte in lunghi fili metallici che sono per lo più di ferro. Fino dal secolo passato alcuni fisici avevano pensato al modo di corrispondere a distanza per mezzo degli effetti prodotti dall'elettricità delle macchine elettriche propagata nei fili conduttori isolati.

Nel 1820, quando ancora non si conosceva l'elettro-calamita, Ampère, fondandosi sul fenomeno della deviazione dell'ago calamitato per effetto di una corrente elettrica, propose di corrispondere per via di aghi magnetizzati mettendoli in moto col mezzo di

correnti propagate in tanti fili conduttori isolati quante sono le lettere dell' alfabeto. Sicchè ogni lettera veniva ad avere per dir così la sua penna nell'ago magnetico che le apparteneva. Nel 1837 Steinheil a Monaco, e Wheatstone a Londra misero in effetto il pensiero di Ampère, e costruirono dei telegrafi con tanti fili metallici, ciascuno dei quali comunicava con un ago magnetizzato. Ma il telegrafo non poteva acquistare tutta la necessaria semplicità se non dall' elettro-calamita. Era riserbata a Wheatstone la gloria di farne conoscere i modi di applicarla; e ciò nel 1840.

Fattasi questa grande scoperta, i fisici ed i meccanici, conservando sempre lo stesso principio, in seguito variarono molto la forma dei telegrafi elettrici; però si possono tutti ridurre a questi tre; cioè il *telegrafo a quadrante, il telegrafo a segnali; il telegrafo scrivente.*

Io non m' impegnerò in una descrizione minuta di queste tre maniere di meccanismi, perchè comunque potessi farla, non sarebbe mai possibile che prendeste una cognizione esatta e completa di questi apparati. Ond' io mi limiterò a dirvene quel tanto che basti per darvene un' idea, e per prepararvi ad acquistarne una piena cognizione allorquando verrete condotti in un uffizio telegrafico ad osservare l' apparato in azione; senza di che non sarà mai possibile che possiate capir bene tutti i rapporti della corrente elettrica colle parti del meccanismo destinate ad ottenere i maravigliosi effetti della corrispondenza con qualunque contrada senza ostacolo di lontananza. Mi farò dal telegrafo a quadrante.

308. **Telegrafo a quadrante.** — Sono parecchie le specie dei telegrafi a quadrante; ma io par-

lerò soltanto di quello costruito da **Fromment**, fisico e meccanico celebre di Francia, tuttora vivente, e da lui destinato alla dimostrazione nelle scuole. Il principio sul quale è costruito è quello medesimo dei telegrafi già stabiliti lungo alcune strade ferrate, e che servono alle corrispondenze dei popoli e dei governi.

Esso è dunque composto, come gli altri, di due apparati distinti, uno dei quali chiamasi *manipolatore*, l' altro *ricevitore*.

Il *manipolatore* è destinato a trasmettere i segnali, e nella fig. 141 è rappresentato da M M. Il *ricevitore* è destinato a ricevere i segnali e nella stessa figura è rappresentato da R R. Il manipolatore comunica con una pila di Bunsen P; e i due apparati comunicano fra loro per mezzo di due fili metallici di ferro o di rame, uno dei quali A O D va dalla stazione di partenza alla stazione d' arrivo; e l' altro H K va al contrario dalla stazione d' arrivo a quella di partenza. Finalmente i due apparati sono muniti ciascuno di un quadrante M M e R R sul quale sono segnate le 25 lettere dell' alfabeto, e sul quale si muove una lancetta. La mano dell' esperimentatore fa girare la lancetta della stazione che manda i segnali, e l' elettricità fa girare quello della stazione che li riceve; e siccome ogni stazione telegrafica manda e riceve segnali, così ella è fornita di un apparato manipolatore per mandarli, e di un apparato ricevitore per riceverli.

Ciò premesso, eccomi a spiegarvi l' andamento della corrente nei due apparati, e gli effetti che essa produce.

Dalla pila P giunge la corrente per mezzo di un filo di rame A ad una lastra d' ottone N, che è a contatto con una ruota metallica L; di qui passa in

una seconda lastra d'ottone S, da questa nel filo OD

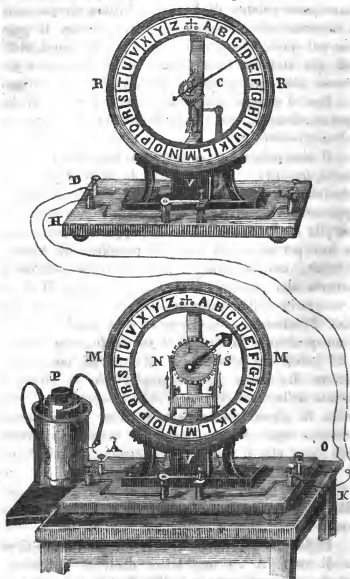



Fig. 141

che comunica, come abbiamo detto coll' altra stazione. Quivi la corrente si porta nel rocchetto di una elettro-calamita che nella figura non si vede, ma che conduce la corrente elettrica nel meccanismo del quadrante R R e vi fa muovere la lancetta C nel senso medesimo che lo sperimentatore fa girare quella del quadrante M M; e sulle lettere ove questa si ferma, si ferma pure quella del quadrante R R.

Ogni volta che queste si fermano sopra una lettera la corrente riceve un'interruzione; ma per comprendere queste interruzioni o intermittenze che succedono nella elettro-calamita che riceve e trasmette la corrente, bisogna sapere che la ruota L del quadrante M M ha 26 denti, 25 dei quali corrispondono alle lettere dell' alfabeto, e l'ultimo corrisponde all'intervallo che sta fra le lettere A e Z del quadrante. Quando si fa girare la lancetta di questo quadrante, siccome gira con essa anco la ruota dentata L, ne viene che l' estremità della lastra d' ottone N, attesa la sua curvatura, è sempre a contatto coi denti della ruota; mentre l' altra lamina d' ottone S è fatta in modo che ora viene a contatto della ruota, ora se ne distacca. Per conseguenza se, stabilita la comunicazione colla pila, si fa avanzare la lancetta di quattro lettere sul D dall'intervallo che sta fra l' A e la Z del quadrante M M, la corrente passa quattro volte dalla lastra N nella lastra S, e quattro volte resta iuterrotta. Al che la elettro-calamita della stazione d'arrivo avrà quattro volte messo in movimento il meccanismo che fa girare la lancetta C del quadrante R R, e quattro volte l' avrà abbandonata; dunque la ruota ch' è pure in questo meccanismo avrà girato di quattro denti, come di altrettanti ha girato la ruota L del manipolatore.

E siccome ciascun dente corrisponde ad una lettera, la lancetta C della stazione d'arrivo si sarà avanzata dall'intervallo che in questo quadrante pure sta fra A e Z, di un numero di lettere eguale a quello della stazione di partenza. Ciò che serve poi ad interrompere od a chiudere il circuito elettrico a piacere è una lamina d'ottone mobile sopra una cerniera, che sta alla base dei due quadranti, e nella figura rappresentata in V V.

Ora vi sarà forse meno difficile comprendere, miei buoni giovanetti, come si possa corrispondere e parlare fra due luoghi lontanissimi per mezzo del telegrafo elettrico.

Supponiamo, per es., che l'apparato manipolatore dell'uffizio telegrafico di Firenze voglia trasmettere a quello di Livorno la parola *piove*. Prima di tutto dovete sapere che per richiamare l'attenzione delle persone impiegate nell'uffizio telegrafico, e colle quali vogliamo parlare, sta collocata una soneria nel circuito elettrico che tiene in corrispondenza i due uffizi telegrafici, la qual soneria vi viene dagl'impiegati introdotta ogniqualvolta la corrispondenza è sospesa, e levata appena ne incomincia un'altra. Da Firenze dunque si trasmette a Livorno la corrente elettrica, questa giunta colà ed entrata nel filo di rame della elettro-calamita, move un grilletto, che fa scattare la soneria. L'impiegato di Livorno avvertito che sta per essergli trasmesso un dispaccio, mette subito in comunicazione il suo ricevitore col manipolatore di Firenze, e dà un contro segnale, il quale consiste parimente nel fare scattare la soneria del circuito elettrico di Firenze, e si prepara a ricevere il dispaccio.

Già le lancette dei due quadranti stanno colla

punta sugl' intervalli fra A e Z, perchè gli impiegati ve le dispongono tostochè sia terminata una corrispondenza. La persona dunque che trasmette il dispaccio nella parola *piove*, fa girare da sinistra a destra (v. la figura) la lancetta del suo manipolatore dall' A fino al P e si ferma un momento sul P. In questo giro la ruota L ha messo a contatto della lastra N, 15 denti, ma la lastra S ha toccato la ruota solo quando la lancetta si è fermata sul P. Ne viene che la ruota pure del ricevitore a Livorno ha scattato 15 denti, ha in conseguenza fatto passare la lancetta C dall' A al P e l' ha fatta fermare un istante sopra questa lettera, perchè è succeduta una breve interruzione della corrente nella elettro-calamita, appena che la lancetta del manipolatore si è fermata. Così riproducendosi a Livorno i movimenti della lancetta di Firenze, la persona che riceve il dispaccio nota sopra un foglio questa lettera. L'impiegato di Firenze continuando a far muovere la lancetta nello stesso senso le fa fare il giro del quadrante finchè non trova la lettera I; e la lancetta del ricevitore in Livorno ripete il medesimo giro sul suo quadrante, e si ferma alla medesima lettera, che l' impiegato nota sulla carta accanto al P. Continuando così nello stesso modo per le lettere O V E, tutta la parola è ben presto trasmessa a Livorno.

Dopodichè si sospende la corrente fra le due stazioni, si dispongono le lancette sullo spazio che debbono occupare, e si colloca la soneria sul circuito, ond' essere avvisati di altro dispaccio che si debba ricevere.

Eccovi spiegato, miei cari, il modo di corrispondere per mezzo di telegrafi a lettere. Dovrei ora parlarvi dei telegrafi *a segnali*; ma siccome per la descri-

sono, come tutti gli altri, immuni essi pure dal fulmine. Lo stesso dicasi dei grandi fuochi accesi all'aria aperta, e delle cannonate; poichè falsamente credevasi che il calore dei primi, e il romore delle seconde giovassero ad allontanare lo scoppio dei fulmini.

In alcune campagne all'avvicinarsi del temporale per isviare e rompere, come dicono, la nube procellosa, si suonano le campane, e la gente spaventata va a cercarsi riparo contro i fulmini nelle chiese e nei campanili. Ma questa pratica ancora ha spesse volte avuto conseguenze funeste. Il fulmine piomba non di rado sui campanili e quando vi suonano e quando non vi suonano le campane. Anzi chi tira le funi delle campane, addivenendo quelle per la pioggia che le bagna, migliori conduttori dell'elettrico, è in gran pericolo di restar fulminato. Le chiese pure non presentano un ricovero molto più sicuro dei campanili, e perchè questi a cagione della loro maggiore altezza dopo avere attirato il fulmine senza poterlo condurre fino al suolo, lascian la chiesa esposta a tutta la sua azione; e perchè le persone riunite formano un gran conduttore, sul quale il fulmine si scaglia a preferenza che sugli oggetti vicini. Dunque la prudenza vuole che fino a tanto che le chiese ed i campanili non sieno muniti di parafulmini, non vi si rifugi molta gente durante il temporale.

Dirò dei parafulmini.

320. **Parafulmini.** — L'invenzione del *parafulmini* è fondata sull'applicazione delle punte al fluido elettrico; e la dobbiamo al Franklin che primo ne costruì uno nel 1755.

Quest'apparato consiste in un'asta di ferro destinata ad offrire un facile efflusso alla elettricità del

suolo attratta dall'elettricità contraria delle nubi temporalesche.

In un parafulmini si distinguono due parti; *l'asta* ed *il conduttore*. L'asta o palo è una spranga di ferro A (fig. 142) terminata in punta che si fissa verticalmente in cima agli edifizi che si vogliono preservare. È alta da sei a nove metri. Il conduttore è una spranga di ferro che dal piede dell'asta scende fino al suolo, nel quale penetra fino ad una certa profondità. E siccome le spranghe di ferro non potrebbero a motivo della loro poca pieghevolezza seguire facilmente i contorni degli edifizi, si preferisce di formare i conduttori con corde di filo di ferro, simili a quelle che si adoperano pei ponti sospesi sui fiumi.

Fig. 142.

Questi conduttori si fanno scendere lungo le pareti esterne degli edifizi, dentro a certi anelli di vetro C C fissati per una estremità nel muro, ma in modo che il conduttore non tocchi in verun punto

l'edifizio, e ne sia perfettamente isolato per tutta la sua lunghezza; perchè se in un punto qualunque toccasse l'edifizio, ivi potrebbe scoppiare il fulmine ed arrecarvi gran danno. Il conduttore non termina alla superficie del suolo, ma anzi s'interna sotto terra, e ordinariamente si fa terminare in un pozzo.

La teoria dei parafulmini è basata sull'elettrizzazione per influenza e sulla proprietà che hanno le punte di lasciare sfuggire il fluido elettrico. Questa proprietà scoperta da Franklin si spiega colla legge della distribuzione di questo fluido alla superficie dei corpi, come dicemmo parlando della macchina elettrica. Infatti l'elettricità accumulandosi verso le parti acute, l'elettrico crescendo verso le punte, e nel medèsimo tempo crescendovi la tensione, la vince ben presto sulla resistenza dell'aria; allora il fluido si disperde nell'atmosfera.

Franklin, il quale appena verificata per mezzo dell'aquilone l'identità del fulmine colla elettricità, pensò di applicare il potere delle punte ai parafulmini, ammetteva che questi sottraessero alle nubi temporalesche la loro elettricità. Ma invece accade il contrario; e si ritiene che quando una nube temporalesca elettrizzata positivamente, per es., si eleva nell'atmosfera, agisce per influenza sulla terra, respinge lontano il fluido positivo, ed attrae il fluido negativo, il quale si accumula sui corpi situati alla superficie del suolo tanto più abbondantemente, quanto maggiore è l'altezza a cui giungono questi corpi. Allora i più alti sono quelli che posseggono la maggior tensione, e per conseguenza sono più esposti alla scarica elettrica; ma se questi corpi sono armati di punte, come le aste dei parafulmini, il fluido negativo, attratto dal

suolo per l'influenza della nube, sfugge nell'atmosfera, e va a neutralizzare il fluido positivo della nube. Per conseguenza il parafulmini non solo si oppone all'accumulazione della elettricità alla superficie della terra, ma tende ancora a ricondurre le nubi temporalesche allo stato naturale; effetti che ambedue tendono a prevenire la caduta del fulmine. Però lo svolgimento di elettricità è talvolta così abbondante, che il parafulmini non basta a scaricare il suolo, ed il fulmine scoppia; ma allora è il parafulmini che riceve la scarica a motivo della sua maggior conducibilità, e l'edifizio è preservato.

L'esperienza ha dimostrato che un'asta di parafulmini protegge efficacemente intorno a sè uno spazio circolare di un raggio doppio, della sua altezza. Per conseguenza un edifizio lungo 64 braccia sarebbe difeso da due aste di 8 braccia d'altezza, distanti 32 braccia.

Un parafulmini dunque per essere efficace deve soddisfare alle seguenti condizioni:

1° Che l'asta sia grossa abbastanza per non rimaner fusa qualora il fulmine la colpisca.

2° Che sia terminata in punta per dare più facilmente uscita all'elettricità che si svolge dal suolo. Per soddisfare a questa condizione, si termina ordinariamente l'asta con una punta di platino o di rame indorato onde impedire che vi si fermi la ruggine, o altra patina che impedirebbe il pronto passaggio all'elettricità.

3° Che il conduttore non sia troncato in verun punto dall'asta fino al suolo, perchè nel punto ove fosse troncato scoppierebbe il fulmine.

4° Che la comunicazione fra l'asta ed il suolo sia stabilita il meglio possibile.

5° Che se l'edifizio che si arma di parafulmini contenga dei pezzi metallici di una certa estensione, come sarebbero un coperchio di zinco, delle grondaie, di metallo, delle armature di ferro ec., si facciano comunicare col conduttore del parafulmini. Mancando le ultime tre condizioni, l'edifizio è esposto alle scariche laterali, cioè la scintilla può scoccare fra esso ed il conduttore; ed allora il parafulmini accresce anzichè allontanare il pericolo.

Finirò col dirvi qualche parola di certi fenomeni che forse non vi saranno ignoti, e che da alcuni fisici si crede abbiano qualche rapporto colla elettricità libera dell'atmosfera. Sono le così dette *Stelle di S. Elmo*, *i Fuochi lambenti e i Fuochi fatui*.

321. Stelle di S. Elmo. — In tempo burrascoso sono state più volte osservate per l'atmosfera certe fiammelle vivaci aventi la forma di globo, o di stelletta, o di pennacchio luminoso. Gli antichi, presi dalle loro superstizioni, vedevano in questo fenomeno i segni di qualche presagio tristo o lieto pei naviganti, secondo che scorgevano o una o due fiammelle. Se era una fiammella sola, credevano che fosse mandata da Elena causa di tante stragi ai tempi troiani; ed era tristo presagio. Se le fiammelle erano due, credevano che venissero da Castore e Polluce, ed avevasi allora per lieto presagio; come rilevasi ancora da quei versi d'Orazio, coi quali finge di parlare alla nave che doveva trasportare Virgilio. Ed i marinari cristiani prendendo anch'essi per buon augurio quelle fiammelle, le dissero *stelle di S. Elmo* o *Santermo*, per devozione a questo santo Vescovo siciliano. Plinio, l'antico naturalista, dice di aver osservato simili fiammelle sulle punte delle lance ai soldati in sentinella in tempo di

notte; e conclude essere tal fenomeno un mistero. Oggi poi si spiega colla teoria delle punte metalliche, le quali esercitano, come voi sapete, la loro azione sulla elettricità, che in forma di stelletta o di globo passa dall'atmosfera, elettrizzata positivamente, sulla punta metallica; o in forma di pennacchio passa dalla punta nell' atmosfera elettrizzata negativamente.

322. **Fuochi lambenti.** — Credesi da alcuni essere uno sviluppo di elettricità, quantunque se ne ignori la cagione, anche il fenomeno cui si è dato il nome di *fuochi lambenti*. Si è chiamato in tal modo, perchè fiammelle brillanti ed innocue si sono vedute non rare volte aggirarsi intorno ai fanciulli e alle donne, e lambirne la testa o altre parti del loro corpo senza però arrecarvi alcun danno. Il fenomeno apparisce pure sulla criniera dei cavalli e sul dorso dei gatti e dei conigli strisciandoli contro pelo nell' oscurità. Talchè ora più non crederete essere una favola ciò che leggesi nella storia romana, cioè che intorno al capo di Servio Tullio ancor bambino strisciasse una fiamma; e che Alessandro il Macedone, secondo quello riferisce la storia greca, nel calor della pugna avesse gli occhi scintillanti di fuoco.

323. **Fuochi fatui.** — Differenti dai fuochi lambenti e dalle stelle di S. Elmo sono i *fuochi fatui*, così dette certe fiammelle che nelle notti, specialmente d'estate, si vedono apparire nelle regioni calde con luce più o meno chiara sulla superficie della terra, e più specialmente nei luoghi ove sono terreni grassi e palustri, cimiteri, letamai e altro di simile. Vanno essi errando or qua or là con moto irregolare, dal che hanno preso il nome di *fatui*. Talvolta svaniscono in un punto, e quasi subito ricompariscono più là;

ora si dilatano, ora si ristringono, ora sfuggono chi corre loro dietro, e ora par che inseguano chi li sfugge. Dal che nacque il superstizioso terrore nella gente di campagna, che sieno cioè anime di morti, condannate a vagar sulla terra ed a spaventare i viventi.

Non essendo possibile l'analizzarli, comunemente si crede che sieno prodotti dal gas idrogeno esalato dalla terra ed acceso dall'elettrico raccolto intorno di esso. Ma di qualunque sostanza sieno essi composti, hanno talvolta prodotti incendi di pagliai, di fienili, di capanne o altro di simile; il che fa manifesto essere in loro della sostanza atta ad infiammare le materie combustibili.

Qui terminano, miei cari giovanetti, i nostri trattenimenti. E se un'idea più giusta e più sublime voi avrete per essi acquistata di Dio, come autore di tante maraviglie; e se per la conoscenza di queste prenderete amore allo studio delle scienze, e ne trarrete argomento per accrescere un giorno il decoro della patria e della famiglia, i miei voti saranno compiuti, e la mia fatica riceverà da voi il guiderdone desiderato. Fate dunque, miei cari, che le mie modeste speranze non vadano affatto deluse.

FINE

INDICE DELLE MATERIE

TRATTENIMENTO I.

INTORNO AD ALCUNE NOZIONI GENERALI

TRATTENIMENTO II.

SULLE PROPRIETÀ GENERALI DEI CORPI

TRATTENIMENTO III.

DI ALCUNE IDEE GENERALI INTORNO ALLE FORZE, ALLA GRAVITÀ, AI PESI, ALLE LEVE, ALLE BILANCE, ALLE STADERE

TRATTENIMENTO IV.

DELL' ARIA ATMOSFERICA

TRATTENIMENTO V.

CONTINUA DELL' ARIA ATMOSFERICA

TRATTENIMENTO VI.

DEGLI AEROSTATI O PALLONI VOLANTI

TRATTENIMENTO VII.

CONTINUA DELL' ARIA ATMOSFERICA

TRATTENIMENTO VIII.

CONTINUA DELL' ARIA — IL SUONO

TRATTENIMENTO IX.

DELLE METEORE AEREE

TRATTENIMENTO X.

DELL' ACQUA

TRATTENIMENTO XI.

CONTINUA DELL' ACQUA

TRATTENIMENTO XII.

DELLE METEORE ACQUEE

TRATTENIMENTO XIII.

DEL CALORICO

TRATTENIMENTO XIV.

CONTINUA DEL CALORICO

TRATTENIMENTO XV.

CONTINUA DEL CALORICO

TRATTENIMENTO XVI.

CONTINUA DEL CALORICO

TRATTENIMENTO XVII.

CONTINUA DEL CALORICO

TRATTENIMENTO XVIII.

CONTINUA DEL CALORICO

TRATTENIMENTO XIX.

DELLA LUCE

TRATTENIMENTO XX.

CONTINUA DELLA LUCE

TRATTENIMENTO XXI.

CONTINUA DELLA LUCE

TRATTENIMENTO XXII.

DELLE METEORE LUMINOSE

TRATTENIMENTO XXIII.

DEL MAGNETISMO

TRATTENIMENTO XXIV.

DELL' ELETTRICITÀ

TRATTENIMENTO XXV.

CONTINUA DELL'ELETTRICITÀ

TRATTENIMENTO XXVI.

CONTINUA DELL'ELETTRICITÀ

TRATTENIMENTO XXVII.

CONTINUA DELL'ELETTRICITÀ

TRATTENIMENTO XXVIII.

CONTINUA DELL'ELETTRICITÀ

TRATTENIMENTO XXIX.

CONTINUA DELL'ELETTRICITÀ

TRATTENIMENTO XXX.

DELLE METEORE LUMINOSE PRODOTTE DALL'ELETTRICITÀ LIBERA DELL'ATMOSFERA

TAVOLA DELLE FIGURE

COLL' INDICAZIONE DELLA PAGINA OVE SONO INSERITE.

FORZE E LEVE

ARIA

SUONO

ACQUA

CALORICO

LUCE

MAGNETISMO

ELETTRICITA'

		ERRATA	CORRIGE
Pag. 41	*verso* 33	Il palmo della mano . .	la palma della mano.
» 51	» 29	pesi sul fondo . . .	peschi nel fondo.
» 61	» 24	capolgete	capovolgete.
» 70	» 17	Questa la	Questa è la
» 80	» 15	Tale la	Tale è la
» 82	» 20	a superficie della. . . .	alla superficie della
» 86	» 14	o di un sale	o un poco di sale
» *ivi*	» 15	o di altre	o delle altre.
» 88	» 28	di dove si fa scaturirc. .	dal quale poi si fa scaturire il liquido
» 92	» 17	col palmo	colla palma
» 105	» 10	largo e svasato	largo ed aperto
» 106	» 18	lo rendono	lo rende
» *ivi*	» 21	Stetoscopo	Stetoscopio
» 113	» 1	monsone.	monsone o mussone
» *ivi*	» 13	verticale.	cocente.
» 117	» 13-14	ma ancora e più ancora .	più ancora
» 127	» 33	le di cui molecole . . .	le molecole dei quali
» 137	» 9	meteore aquee	meteore acquee
» *ivi*	» 23	vapori aquei	vapori acquei (e così sempre)
» *ivi*	» 32 e seg.	e minaccerebbe la vita nostra, degli animali e delle piante, non che la distruzione di quanto esiste sulla terra, se	il quale distruggerebbe la vita nostra, degli animali e delle piante, e ridurrebbe la terra un deserto, se
» 142	» 13	la di cui testa	la testa dei quali
» 152	» 17	si e	si è
» 153	» 7	la quale essendo . . .	perchè essendo
» 173	» 19	il fuoco ed il sole sono.	il fuoco ed il sole contengono in sè
» 175	» 29	malleabile	molle
» 179	» 7	Idem.	Idem
» 191	» 9	in volume.	in grossezza
» 206	» 29	segnato vien detto . .	segnata vien detta
» 210	» 9	superfice	superficie (e così sempre)
» 237	» 25	avviene in linea retta .	ed in linea retta
» 238	» 1	propaghino	propagano
» *ivi*	» 31	oblicuamente.	obliquamente
» 290	» 31	rendersene conto . . .	rendersi conto
» 300	» 13-18	il palmo	la palma
» 333	» 23	Paraselena	Paraselene
» 336	» 5	spece	specie